

tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 59 nr.5 1994

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Correspondentie-adres: Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.
Gironummer 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.
Het genootschap is lid van de Convention of National Societies of Electrical Engineers of Western Europe (Eurel).

BESTUUR

Prof.Ir.J.H.Geels, voorzitter
Ir.P.K.Tilburgs, secretaris
Ir.O.B.P.Rikkert de Koe, penningmeester
Ir.P.R.J.M.Smits, programma manager
Ir.P.Baltus, vice voorzitter
Prof.Dr.Ir.W.M.G.van Bokhoven, voorzitter onderwijscommissie
Dr.Ir.R.C.den Dulk
Ir.C.Th.Koole
Ir.P.P.M.van der Zalm
Ir. W. van der Bijl

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich via het correspondentie-adres tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt *f* 60,- per jaar.
Leden jonger dan 30 jaar betalen gedurende maximaal 5 jaar de gereduceerde contributie van f 30,- per jaar. In bepaalde gevallen kunnen ook andere leden, na overleg met de penningmeester, voor deze gereduceerde contributie in aanmerking komen. Gevorderde studenten komen in aanmerking voor een gratis lidmaatschap, en kunnen daartoe contact opnemen met een van de contactpersonen.
De contributie is inclusief abonnement op het Tijdschrift van het NERG en deelname aan de werkvergaderingen.

ISSN ???

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt gemiddeld vijfmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en de telecommunicatie. Auteurs, die publicatie van hun onderzoek in het tijdschrift overwegen, wordt verzocht vroegtijdig contact op te nemen met de voorzitter of een lid van de redactiecommissie.
Toestemming tot overnemen van artikelen of delen daarvan kan uitsluitend worden gegeven door de redactiecommissie. Alle rechten worden voorbehouden.
De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt *f* 60,-.

REDACTIECOMMISSIE

Ing.A.A.Spanjersberg, voorzitter Adres:Park Sparrendaal 54, 3971 SM Driebergen.
Mw. Dr.Ir.W.M.C.J. van Overveld, IPO Eindhoven.
Ir.L.K.Regenbogen, TU Delft.

VAN DE REDACTIE

Zoals gebruikelijk is het laatste nummer gewijd aan de samenvattingen van promoties die in het afgelopen cursusjaar hebben plaatsgevonden aan de drie Elektrotechnische Faculteiten in Nederland.

Hierbij is uitsluitend gebruik gemaakt van de samenvattingen in de proefschriften en niet van publicaties in de pers over de promoties.

Hoewel gestreefd is naar volledigheid, zou er een proefschrift overgeslagen kunnen zijn. Wij stellen het op prijs in dat geval hiervan in kennis gesteld te worden, zodat dit proefschrift volgend jaar alsnog vermeld kan worden.

De proefschriften zijn gerangschikt per universiteit, en per universiteit staan ze op chronologische volgorde van de promotiedatum. De inhoudsopgave vemeldt de eerste pagina per universiteit. In het register staan de namen van de promovendi alfabetisch geordend, met voor elke promovendus een paginanummer en een letter die aanduidt waar de promotie plaatshad: D voor Delft, E voor Eindhoven en T voor Twente.

Elk proefschrift ligt ter inzage op de bibliotheek van de betreffende universiteit. Wanneer u behoefte heeft aan een eigen exemplaar kunt u hierom schriftelijk verzoeken bij de bibliotheek van de universiteit. Wanneer deze geen exemplaren meer voorradig mocht hebben, kunt u indien gewenst een kopie op microfiche aanvragen (alleen voor Delft en Eindhoven). Onderstaand vindt u de adressen.

Centrale bibliotheek TUD
Afdeling Periodieken en Ruil
Schuttersveld 2
2611 WE Delft

Dhr. J. Duyn
Centrale bibliotheek TUE
Postbus 513
5600 MB Eindhoven

Mevr. A.M. Tenhagen
Bureau Universiteitsbibliotheek Twente
Postbus 217
7500 AE Enschede

REGISTER

FINITE ELEMENT METHODS IN RESISTIVITY LOGGING

J.R. Lovell
14 september 1993
Promotor: prof. dr. ir. H. Blok

Bij opsporing van aardolie en aardgas spelen weerstandsmetingen in boorgaten, meestal in samenhang met metingen van andere grootheden zoals de porositeit van de formatie, een belangrijke rol. Het bepalen van relevante parameters van de formatie uit weerstandsmetingen is een gecompliceerd, niet-lineair probleem, waarbij veelal aanvullende geologische informatie nodig is. Het is daarbij van belang dat de gebruikte meetinstrumenten (tools) zonder misleidende artefacten zo nauwkeurig mogelijke meetwaarden verstrekken. Dat maakt zowel bij het ontwerp van nieuwe meetinstrumenten als bij de interpretatie van metingen van bestaande instrumenten, goed fysisch inzicht noodzakelijk. Daartoe is er duidelijk behoefte aan modelleringsalgorithmen die het mogelijk maken om de responsie van een meetinstrument in een gecompliceerde twee- of driedimensionale meetomgeving, b.v. in een boorgat, te bepalen.

De meting van elektrische weerstand, massadichtheid en porositeit van het gesteente in een formatie kan worden verricht tijdens het boren van een boorgat in die formatie dan wel na het boren door een meetsonde in het boorgat te laten zakken. Beide meetsituaties hebben voor- en nadelen. De laatste methode bekend onder de naam "wireline logging" heeft als voordeel dat complexe metingen kunnen worden verricht door sensoren die niet zijn blootgesteld aan de barre omstandigheden tijdens het boren. De meetdata kunnen met relatief hoge transmissiesnelheid via een gewapende kabel naar het aardoppervlak worden verzonden. "Logging while drilling" (LWD) heeft als groot voordeel dat de metingen niet worden beïnvloed door de diffusie van de boorvloeistof (mud) in de steenformatie. Nadeel is dat de transmissiesnelheid van de telemetrie zeer laag is. De meetdata worden naar het aardoppervlak verzonden via pulsen in de boorvloeistofstroom.

Voor zowel "wireline logging" als "logging while drilling" kunnen de weerstandsmetingen worden onderscheiden in die van het "Laterolog"-type en die van het "Induction"-type. In een rotationeel symmetrische boorgatomgeving zullen instrumenten van het Laterolog-type elektrische stromen genereren die in azimuthale vlakken vloeien. Instrumenten van het Induction-type daarentegen genereren stromen die om het boorgat circuleren. Laterologmetingen zijn dikwijls moeilijk te interpreteren omdat de responsie op een zeer niet-lineaire wijze van de conductiviteit van de formatielagen kan afhangen. Inversie van de responsie van een Induction-meting is nagenoeg lineair. Daarom is het modelleren van meetinstrumenten van het Laterolog-type vanuit rekentechnisch standpunt een grotere uitdaging. In het bijzonder omdat de inversie meestal via een iteratief proces van voorwaartse modelleringsmethoden plaats vindt. Bij het modelleren van instrumenten van beide types wordt uitgegaan van de lineaire veldvergelijkingen van Maxwell.

Het voorwaartse modelleren van de Laterolog wordt bijna altijd uitgevoerd met behulp van eindige-elementenpakketten. Deze pakketten vereisen inversie van grote, ijle matrices. In dit proefschrift zijn nieuwe pakketten ontwikkeld waarbij moderne methoden worden gebruikt om de matrixinversie te versnellen. Bovendien wordt inzicht in de fysica van het probleem gebruikt om de toegepaste numerieke technieken verder te verfijnen.

In een rotationeel symmetrische boorgatconfiguratie is de beste manier om de Laterolog te modelleren om het eindige-elementenschema te formuleren in termen van de azimuthale component van de magnetische veldsterkte, H_ϕ. Dit in plaats van de klassieke wijze van formuleren met behulp van de scalaire elektrische potentiaal ϕ. Met deze H_ϕ-formulering kunnen frequentie-effecten zoals het Groningen-effect - een anomale indicatie van koolwaterstoffen onder formatielagen met grote weerstand - worden gemodelleerd. Bovendien zal de H_ϕ-formulering in tegenstelling tot de formulering in termen van de elektrische potentiaal, geen numerieke singulariteiten vertonen als de contactimpedantie van de elektroden steeds kleiner wordt.

In volledig driedimensionale configuraties, b.v. in het geval van boorgaten in formaties met sterk hellende lagen of voor horizontale boorgaten, is de H_ϕ-formulering niet geschikt. Noch is dan een volledige, vectoriële elektromagnetische formulering praktisch haalbaar, zodat een formulering in termen van de elektrische scalaire potentiaal resteert. Voor de numerieke implementatie daarvan is een ruimtelijke discretisatie nodig die aansluit aan de sterk hellende lagen of aan eventueel aanwezige scheuren in de formatie. Zo'n discretisatie moet zodanig worden uitgevoerd dat structuur behouden moet blijven om het oplossen van het resulterende stelsel vergelijkingen met moderne iteratieve methoden mogelijk te maken. Decompositie van de benaderingsruimte is daarbij direct gerelateerd aan de vermazing en de discretisatie-strategie terwijl het bovendien inzicht verleent in mogelijke preconditioneringstechnieken voor de toegepaste geconjugeerde gradiëntenmethode.

Recentelijk is veel vooruitgang geboekt bij het ontwikkelen van preconditioneringstechnieken waarmee de convergentie van eindige-elementenmethoden kunnen worden versneld. Incomplete LU factorisatie blijkt daarbij bijzonder aantrekkelijk te zijn voor laagfrequente problemen in configuraties met verliezen. Rekentijden van $O(N^{5/4})$ in tweedimensionale en van $O(N^{7/6})$ in driedimensionale problemen, waarbij N het aantal onbekenden is, zijn daarbij gerealiseerd.

Een probleem daarbij is dat N nog steeds zeer groot kan worden: in de orde van honderdduizenden voor typische driedimensionale problemen. Een belangrijk aspect daarbij is de toepassing van hiërarchische vermazingstechnieken. Hierbij worden gecompliceerde elektroden en formatiegeometrieën met zo'n min mogelijk aantal knooppunten gemodelleerd. De oplossing die daartoe wordt voorgesteld is om de patches van tetraëdische vermazing over een uniforme vermazing met pentahedra en hexahedra te leggen. De grove vermazing met tetrahedra moet daarbij nog steeds voldoende fijn zijn om nauwkeurige berekeningen van spanningen op en stromen door elektroden te kunnen uitvoeren. Details van deze hiërarchische vermazingstechnieken voor twee- en driedimensionale problemen worden bediscussieerd.

Combinatie van bovengenoemde hiërarchische vermazing met gepreconditioneerde en superconvergente berekening hebben geresulteerd in een aantal geavanceerde numerieke pakketten die zijn gebruikt om een aantal tot voor kort onoplosbare problemen te modelleren in zowel twee- als driedimensionale configuraties in "wireline logging" en in "logging while drilling".

* * *

A PARALLEL IMAGE RENDERING ALGORITHM AND ARCHITECTURE BASED ON RAY TRACING AND RADIOSITY SHADING

L.S. Shen
25 oktober 1993
Promotor: prof. dr. ir. P. Dewilde

This dissertation is composed of seven chapters. Chapter 1 is introductory. In chapter 2, we first provide the background for the radiosity method and ray tracing. We then present a ray-tracing based two-pass approach that serves as basis for the target algorithm. From a hardware perspective, we suggest a proximity enforced algorithm to take advantage of the data-coherence property at algorithmic level. The data-coherence property is analogous to the property of locality of reference in virtual memory systems. Locality of reference has two components: temporal locality and spatial locality. In temporal locality, there is a tendency for a process to reference in the near future those elements of the reference string referenced in the recent past. In spatial locality, there is a tendency for a process to make references to entries in the neighbourhood of the previous reference.

In chapter 3, we present the shelling technique. By and large, it is an algorithm that strives to build the visibility orderings for the sets of input patches and rays. In an attempt to explain the underlying ideas, we start with a "naive algorithm" and discuss its inefficiencies. We then move to the conventional space partition technique, and we show that the conventional technique gives too much constraints to the architectures, which are difficult to be realized by hardware.

In chapter 4, we turn to the resource management problem. We first point out some dynamic behaviours like latencies in memory accesses, communications and synchronizations which make the scheduling problem very difficult to manage and analyze at compile time. This leads to a so-called runtime resource management problem which defers the actual scheduling to some point during program execution. In contrast to compile-time scheduling, runtime scheduling allows to manage resources for highly data-dependent programs and dynamic system environments. However, a major shortcoming of runtime scheduling is that a non-negligible runtime overhead will be introduced. In order to eventually gain in overall performance, seemingly time-consuming or time-indeterminate algorithms are not feasible even though they are sophisticated and may lead to a better solution in case of compile-time scheduling. This limits feasible scheduling algorithms to those with low complexity and highly efficient implementation. For this reason, we propose a technique called application-specific runtime scheduling (ASRS) by tailoring the characteristics of this specific application.

In chapter 5, we present the system configuration of the radiosity engine, and discuss some essential issues such as the memory structure, network design and synchronization mechanism and give an outline of the functionality of the system. In order to take advantage of the data-coherence property at all levels, a hierarchical memory which is divided into working register, local memory, cache and main memory is proposed. As for the network design, we compare different network topologies including ring, Illiac, torus and hypercube. It turns out that a mesh-connected network is a good choice. To support fine grained synchronization, we borrow the concept of I-structure memory from dataflow machine theory.

In chapter 6, we quantify the performance of the radiosity engine by using Monte Carlo simulation. Finally, in chaper 7, we give some conclusions.

* * *

THE MODELLING OF BIOPOTENTIAL RECORDINGS AND ITS IMPLICATIONS FOR INSTRUMENTATION DESIGN

A.C. Metting van Rijn
8 november 1993
Promotoren: prof. dr. ir. C.A. Grimbergen en prof. dr. ir. J.H. Huijsing

In dit proefschrift worden de resultaten beschreven van vijf jaar onderzoek. In het project werd de meetsituatie tijdens het meten van bio-elektrische signalen geanalyseerd. Deze analyse diende als basis voor de ontwikkeling van instrumentatie.

In deel I van het proefschrift (hoofdstuk 2-5) wordt een model afgeleid voor de biomedische meetsituatie. De transducers in bio-elektrische metingen, de elektroden, worden behandeld in hoofdstuk 2. Er wordt beredeneerd dat drie eigenschappen van elektroden een rol spelen bij het ontwerpen van instrumentatie: de verschilspanning (offset), de impedantie bij 50 Hz en de impedantie bij de laagste frequentie die van belang is in de meting. Deze eigenschappen werden gemeten bij elektroden op de menselijke huid in klinische situaties. Onverwacht grote waarden en grote verschillen werden gevonden voor alle drie eigenschappen. In hoofdstuk 3 wordt een model afgeleid voor een karakteristieke biomedische meting. Dit model beschrijft de invloed op de meting van storingsbronnen zoals het lichtnet. Uit het model volgt het belang van een hoge ingangsimpedantie van de instrumentatie en de noodzaak van het afschermen van elektrodekabels. Technische oplossingen voor storingsproblemen zoals "gedreven rechter been" (driven right leg) en "gedreven afscherming" (guarding) technieken worden behandeld. In hoofdstuk 4 worden de problemen die samenhangen met het galvanisch isoleren van de patiënt ten opzichte van de niet-geïsoleerde signaalverwerkende apparatuur. Er wordt aangetoond dat een isolatie met een lage capaciteit niet alleen de veiligheid van de patiënt verhoogt, maar ook bijdraagt aan de vermindering van gemeenschappelijke (common mode) stoorsignalen. Tegelijkertijd leidt een dergelijke isolatie tot een grote stoorspanning over de isolatiebarrière. Er wordt afgeleid dat een veel grotere mate van onderdrukking van signalen over de isolatie (isolation mode rejection ratio) noodzakelijk is dan algemeen wordt aangenomen. Daarnaast wordt beredeneerd dat met conventionele ontwerpmogelijkheden, zoals het gebruik van isolatieversterkers en scheidingstransformatoren, het bereiken van zowel een isolatie met een kleine capaciteit als een voldoende onderdrukking van signalen over de isolatie, nagenoeg onmogelijk is. In hoofdstuk 5 worden de resultaten uit de voorgaande hoofdstukken gebruikt om de specificaties te formuleren waaraan optimale instrumentatie voor het meten van bio-elektrische signalen moet voldoen. De algemene opzet van een optimaal meetsysteem wordt omschreven. Er wordt geconcludeerd dat een dergelijk systeem een door batterijen gevoed geïsoleerd gedeelte moet hebben met minimale afmetingen en met een signaaloverdracht naar de signaalverwerkende apparatuur door middel van draadloze transmissie of met een lichtgeleider.

Deel II van het proefschrift (hoofdstuk 6-10) beschrijft de instrumentatie die tijdens het project werd ontwikkeld en de klinische evaluatie daarvan. In hoofdstuk 6 en 7 wordt het ontwerpen van versterkers behandeld. In hoofdstuk 6 wordt het ontwerpproces van een versterker met optimale specificaties beschreven. Het belangrijkste onderwerp van dit hoofdstuk is de afweging tussen een laag ruisnineau, een laag stroomverbruik en een voldoende onderdrukking van gelijkspanning aan de ingang. Een praktisch bruikbaar compromis kon worden bereikt door de toepassing van een ingangstrap met discrete transistoren. Het uiteindelijke ontwerp werd uitgevoerd in dikke-film techniek en, in een later stadium van het project, door toepassing van oppervlaktemontage techniek (surface mount). De kleine afmetingen, de relatief geringe kosten en de goede resultaten in de klinische praktijk van de SMD versie hebben geleid tot de commerciële produktie van 5000 één-kanaals modulen. In een ander versterker-ontwerp, dat in hoofdstuk 7 wordt beschre-

ven, ligt de nadruk op de vermindering van het aantal onderdelen. Dit ontwerp is gebaseerd op de optimale toepassing van moderne geïntegreerde operationele versterkers en geeft de mogelijkheid een monopolaire veel-kanaals versterker voor bio-elektrische signalen te construeren met slechts 2 operationele versterkers en 6 passieve componenten per kanaal. In hoofdstuk 8 en 9 worden verschillende methoden beschreven voor de transmissie van de versterkte bio-elektrische signalen van het geïsoleerde gedeelte naar de niet-geïsoleerde signaalverwerkende apparatuur. In hoofdstuk 8 worden twee systemen beschreven die gebruik maken van lichtgeleiders: een 32-kanaals EEG systeem met een analoge transmissiemethode en een 64-kanaals systeem met een digitale transmissiemethode. De voor- en nadelen van beide methoden worden belicht en er wordt beargumenteerd waarom verschillende methoden werden gekozen voor de twee systemen. Het 32-kanaals EEG systeem werd gebruikt in een systeem voor langdurige metingen bij epilepsiepatiënten. Het 64-kanaals systeem werd toegepast bij het registreren van potentiaalverdelingen over het lichaam (body surface maps) tijdens electrofysiologische onderzoeken. In hoofdstuk 9 worden de problemen beschouwd van draadloze overdracht van de versterkte bio-elektrische signalen. Voor klinische toepassingen werd infrarood overdracht door ons als de beste mogelijkheid beoordeeld en toegepast in een ontwerp voor 16-kanaals EEG metingen. In dit systeem wordt twee-richtings transmissie toegepast om het door het geïsoleerde gedeelte uitgezonden optische vermogen te minimaliseren bij een gegeven afstand tussen het geïsoleerde en het niet-geïsoleerde gedeelte. Deel II wordt afgesloten met hoofdstuk 10 waarin verschillende mogelijkheden voor toekomstig onderzoek worden besproken. Onderwerpen in dit hoofdstuk zijn alternatieven voor operationele versterkers zoals operationele zwevende versterkers (operating floating amplifier) en alternatieven voor de voeding door batterijen van het geïsoleerde gedeelte zoals optische voeding met een laser en een lichtgeleider.
In hoofdstuk 11 worden de resultaten van het project samengevat en wordt het praktische belang van het werk geëvalueerd.

* * *

PARTIAL DISCHARGE MECHANISMS

P.H.F. Morshuis
15 november 1993
Promotor: prof. dr. ir. F.H. Kreuger

Isolatieconstructies in hoogspanningsapparatuur kunnen worden aangetast door partiële ontladingen. Vooral ontladingen in holten, ontstaan door onvolkomenheden in het produktieproces, kunnen de kwaliteit van de isolatie negatief beïnvloeden. De voortdurende inwerking van de ontladingen tijdens de bedrijfsvoering van het hoogspanningsobject kan op den duur leiden tot een complete doorslag van het isolatiemateriaal.
Tijdens dit verouderingsproces is het mechanisme van de ontladingen voortdurend aan veranderingen onderhavig. Dit proefschrift beschrijft de verandering van het ontladingsmechanisme in holten omsloten door een kunststof isolatiemateriaal, met als doel een maatstaf te vinden voor de mate van aantasting.
Hoofdstuk 1 geeft een algemene inleiding waarin ontladingsmechanismen en ontladingsdetektie-methoden worden besproken.
Een specificatie van de toegepaste meetmethoden wordt gepresenteerd in hoofdstuk 2. Hier is gebruik gemaakt van het feit dat belangrijke informatie over het ontladingsmechanisme besloten ligt in de vorm van de ontladingsstroom. Met behulp van een "time-resolved" ontladingsdetectiesysteem met een bandbreedte van 1 GHz kan deze informatie worden ontsloten. De ruimtelijke uitbreiding van een ontlading kan worden bestudeerd met een optisch registratiesysteem. Door gebruik te maken van een synchrone time-resolved en optische registratie kan een verband worden gelegd tussen de aantasting van het isolatiemateriaal en een aantal ontladingsparameters.
In hoofdstuk 3 worden de resultaten besproken van ontladingsmetingen aan luchtschollen omgeven door een kunststof isolatiemateriaal. De resultaten wijzen op een evolutie van het ontladingsmechanisme als functie van de tijd. Drie opeenvolgende stadia kunnen worden onderscheiden tot aan het moment van significante aantasting van het isolatiemateriaal. Dit zijn het streamer mechanisme, het Townsend mechanisme en het pitting mechanisme.
Een fundamentele discussie van de meetresultaten is te vinden in hoofdstuk 4. Verschillende -experimenteel ondersteunde- theorieën zijn opgesteld om de gevonden ontladingsmechanismen, alsmede de overgangen tussen de mechanismen, te verklaren.
In hoofdstuk 5 worden de resultaten gepresenteerd van berekeningen van de vorm van de ontladingsstroom. Met behulp van een mathematisch model van het ontladingsproces wordt de invloed van een aantal parameters op het verloop van de ontladingsstroom beschreven.
Hoofdstuk 6 gaat tenslotte in op de mogelijkheid de time-resolved detectiemethode toe te passen voor diagnostische doeleinden. Hiertoe is een operator gedefinieerd, de moving median van de pulsbreedte, die met succes is aangewend bij het herkennen van het ontladingsmechanisme. Hierdoor kan het stadium waarin het verouderingsproces zich bevindt worden onderkend.

* * *

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN REAL-TIME CONTROL

A.J. Krijgsman
23 november 1993
Promotor: prof. ir. H.B. Verbruggen

Om de grenzen van de methoden uit de regeltechniek te verleggen worden nieuwe terreinen verkend. De wens om meer autonome en intelligente regelaars te ontwikkelen, heeft geleid tot aandacht voor methodieken uit de kunstmatige intelligentie. Succesvolle strategieën worden verwacht door integratie van zowel redenerende als lerende aspekten. Deze ideeën zijn voortgekomen door menselijke intelligentie waar te nemen, waar dezelfde twee elementen: redeneren en leren kunnen worden onderscheiden.
Hoofdstuk 2 geeft een introduktie in de basis ideeën van deze beide strategieën. Kennisgestuurde redenerende systemen en zogenaamde subsymbolische of lerende systemen worden beschreven. De toepassingsgebieden zijn velerlei en wijd verspreid.
Flexibele proces beheersing vereist meer en meer om in de regelstrategie rekening te houden met drie problemen: niet-lineariteiten, tijd variant gedrag en onzekerheid in de parameters. Deze problemen kunnen alleen ten dele worden opgelost door de moderne regeltechnische methoden, problemen treden op door beperkingen van de beschikbare theorieën en de noodzaak om zeer nauwkeurige modellen te hebben. De bestaande methoden worden met hun beperkingen geconfronteerd op het moment dat globale a priori kennis over het te regelen systeem aanwezig is. In hoofdstuk 3 wordt een regelaar gedefinieerd als een multi-dimensionale afbeelding, die allerlei strategieën omvat. Een sleutelrol voor een dergelijke afbeelding is weggelegd voor de kwantisatie van de ingangssignalen van de regelaar. Intelligente regelaars zijn meerlaags oplossingen, die meerdere strategieën omvatten om probleem specifieke oplossingen te bieden. In de hogere lagen van automatisering zijn symbolische methoden het meest geschikt, terwijl op lagere niveau's subsymbolische methoden bruikbaar zijn.
Het gebruik van symbolische redenerende technieken in een regeltechnische

omgeving vergt speciale voorzorgsmaatregelen. Real-time kennisgestuurde systemen moeten faciliteiten bieden om niet monotone redeneerprocessen te kunnen behandelen, te kunnen redeneren met tijd (zgn. temporal reasoning), koppelingen te bieden met externe software, reageren op asynchrone gebeurtenissen, etc. 'Progressive reasoning', waarbij het kennissysteem wordt opgesplitst in verscheidene is een goed bruikbare oplossing voor een real-time omgeving (hoofdstuk 4). In een direct intelligente regelconfiguratie vindt een direkte afbeelding plaats van de metingen en de uitgang van de regelaar. Gebaseerd op deze aanpak is een algemene rule-based regelaar ontwikkeld. Gebruik makend van verscheidene kennis modules is bovenop een vage regelaar een adaptieve regelaar ontwikkeld. Resultaten hebben aangetoond dat deze vorm van regelen kan worden toegepast op systemen waarvan slechts basis kennis over het bereik van de signalen aanwezig is. De wens om zeer precies te zijn verlangt een kleine, lokale generalisatie, waarbij een groot aantal klassifikaties van de ingangssignalen moet worden gemaakt. Dit conflicteert met het oorspronkelijke idee om symbolische klassifikaties te gebruiken.

Het gebruik van symbolische technieken in een indirekte regelconfiguratie is zeer aantrekkelijk gebleken. Het biedt de mogelijkheid om de wensen en eisen t.a.v. de performance van de regelaar op een zeer natuurlijke en elegante manier te beschrijven door gebruik te maken van lidmaatschapsfunkties. Lerende eigenschappen zijn belangrijk voor een intelligente regelaar, en zijn vooral terug te vinden in neurale netwerken (hoofdstuk 5). Dynamische systemen kunnen worden omschreven als statische multi-dimensionale afbeeldingen. Deze afbeeldingen kunnen worden geïmplementeerd, gebruik makend van verschillende niveau's van generalisatie, afhankelijk van de mate van niet-lineariteit van het systeem. Voor zeer niet-lineaire systemen is een lage, lokale vorm van generalisatie gewenst, zoals CMAC. Voor een bredere generalisatie zijn meerlaags neurale netwerken meer geschikt. Een bredere lokale vorm van generalisatie wordt verkregen door toepassing van zgn. Radial Basis Function Networks. De gewichts-aanpassing in deze netwerken zijn optimalisatie problemen en hebben nauwe verbanden met lineaire identifikatie algoritmen. Batch georiënteerde methoden zijn het meest geschikt en leiden tot betrouwbaarder resultaten dan in-line recursieve technieken. Een batch georiënteerd algoritme, gecombineerd met een heuristisch gewichts-adaptatie schema leidt tot snelle convergentie voor meerlaags neurale netwerken. Het voordeel van conventionele lineaire predictie modellen is gecombineerd met neurale netwerken. Deze hybride modellen vergen intensieve data bewerkingen. Het resultaat is een lineair regressie model waarvan de gewichten in-line kunnen worden aangepast. De kracht van dit soort netwerken is aangetoond aan de hand van een aantal voorbeelden. Compacte en nauwkeurige modellen van niet lineaire systemen kunnen worden verkregen. Model validatie technieken zijn van vitaal belang om de toepasbaarheid van deze modellen te onderzoeken.

Het gebruik van neurale netwerken als regelaar is onderzocht en uitgewerkt in hoofdstuk 6. Een neurale regelaar is beschreven, waarin het netwerk wordt getraind, rekening houdend met door de gebruiker te definiëren criterium. De resultaten van neurale regelstrategieën worden voornamelijk beperkt door de convergentie problemen die tijdens het trainen van een dergelijke regelaar optreden. De beste resultaten worden bereikt met een voorspellende regelstrategie, gebaseerd op een neuraal model. Real-time hardware implementaties bieden hier een oplossing.

Hoofdstuk 7 geeft aan dat het gebruik van a priori kennis die in linguïstische vorm aanwezig is kan worden vertaald in een netwerk struktuur. Als een aantal randvoorwaarden in acht worden genomen kan een Radial Basis Function Network worden verkregen. Een algemene opzet van een intelligente regelstructuur wordt voorgesteld. Een dergelijke strategie bestaat uit verschillende niveau's van dataverwerking, met de daarbij behorende methode om die specifieke data te kunnen verwerken. De methoden, zoals beschreven in hoofdstuk 3-6, kunnen op verschillende niveau's in een dergelijke regelconfiguratie worden geïmplementeerd.

* * *

MULTI-SIGNAL DOMAIN MODELING OF SOLID-STATE TRANSDUCERS

D.C. van Duyn
29 november 1993
Promotor: prof. dr. ir. S. Middelhoek

In hoofdstuk 1 wordt een algemene introductie gegeven welke behulpzaam is bij het in het perspectief plaatsen van het onderzoek. In het bijzonder motiveren we het gebruik van de irreversibele thermodynamica als een consistent raamwerk ten behoeve van het fysisch modelleren van vaste stof transducenten. Ook motiveren we het gebruik van de gemengde eindige discretisatie methode en de multirooster methode voor het numeriek modelleren van vaste stof transducenten.

Hoofdstuk 2 behandelt verschillende aspecten welke van belang zijn bij het construeren van een abstracte beschrijving van een vaste stof transducent. In het bijzonder wordt een abstracte geometrische beschrijving van een generieke "transducer" configuratie beschreven in termen van "regions", "interfaces" en "boundaries". Om de karakteristieke fysische eigenschappen van de "regions", "interfaces" en "boundaries" te beschrijven wordt aan elk van de "regions", "interfaces" en "boundaries" een geschikt model gekoppeld. Met betrekking tot de constructie van expliciete modelvergelijkingen propageren we het gebruik van de irreversibele thermodynamica, welke een krachtig en consistent raamwerk voor het fysisch modelleren vormt en gebruikt kan worden in diverse fysische configuraties, waaronder ook het fysisch modelleren van vaste stof transducenten. Ook laten we zien dat het gehele veld handig onderverdeeld kan worden in termen van energiedomeinen waartussen informatie uitgewisseld wordt. Tevens beschrijven we een generieke abstracte mathematische representatie van de modelvergelijkingen en beargumenteren dat het om uniformiteitsredenen praktisch is om ogenschijnlijk verschillende fysische modellen in dezelfde abstracte mathematische representatie te formuleren. Tot slot wordt nog enige aandacht aan de algemene behandeling van de "interface" en "boundary" condities besteed.

Het doel van hoofdstuk 3 is het opstellen van de modelvergelijkingen die een "region" van de "transducer" configuratie beschrijven welke in het thermische en/of elektrische energiedomein opereert. Op basis van de irreversibele thermodynamica stellen we een gesloten mathematisch model op, in termen van balansvergelijkingen, evenwichts toestandsvergelijkingen, en niet evenwichts toestandsvergelijkingen. Hierbij worden de onderstaande simplificerende aannamen gebruikt:

- niet veranderlijke chemische samenstelling
- uniforme stress
- mechanisch onvervormbaar
- mechanisch evenwicht
- geen magnetisch veld
- electrostatische condities

Tevens worden waar nodig verschillende (geparametrizeerde) constitutieve modellen gecompileerd uit de beschikbare literatuur. Hierbij moet vermeld worden dat deze modellen niet getest zijn op hun compatibiliteit met het beschikbare fabricageproces. In feite betekent dit dat voor elk fabricageproces de parameters van elk constitutief model geijkt moeten worden aan dat specifieke proces. Dit is een aspect dat vaak verwaarloosd wordt.

Toekomstig onderzoek moet zich uiteraard richten op het elimineren van de

simplificerende aannamen. Op deze manier moet uiteindelijk een complete en modulaire computerimplementatie tot stand gebracht worden, welke in diverse praktische situaties gebruikt kan worden. Het is gewenst dat de implementatie modulair is, d.w.z. de ogenschijnlijke complexiteit van het model moet configureerbaar zijn. De object georiënteerde programmeermethode kan hier heel geschikt voor zijn. Ook hogere generatie compilers welke het simulatieprogramma compileren aan de hand van een probleemdefinitie taal kunnen uitkomst bieden.

Ondanks deze interessante aspecten verlaten we het huidige onderwerp, omdat op dit moment meer kennis nodig is met betrekking tot de implementatie van fysische modellen. In de volgende hoofdstukken is daarom het doel een geschikt raamwerk te formuleren ten behoeve van het discretizeren, oplossen en implementeren van de thermo-elektrische modelvergelijkingen. Dit raamwerk kan in een latere fase uitgebreid worden met meer geavanceerde fysische modellen.

Het doel van hoofdstuk 4 is om een geschikt raamwerk te formuleren voor de discretisatie van de thermo-elektrische modelvergelijkingen. De discretisatiemethode is gebaseerd op de gemengde formulering van het probleem. De belangrijkste reden voor het gebruik van de gemengde discretisatiemethode is het feit dat deze nauw aansluit bij de modellen welke met behulp van de irreversibele thermodynamica verkregen zijn. Hier beschrijven we de gemengde discretisatiemethode voor het geval van een niet-lineaire parabolische partiële differentiaalvergelijking, welke representatief is voor het thermo-elektrische probleem. De discrete gemengde vergelijkingen worden verkregen met behulp van het Raviart-Thomas element van de laagste orde, welke beschreven wordt voor een driehoek en een parallellogram. Ook wordt aandacht besteed aan de tijdsafhankelijkheid en het niet-lineaire gedrag van het probleem.

In deze fase zijn alle benodigde gereedschappen ten behoeve van de discretisatie van het thermo-elektrische probleem beschikbaar. Het volgende hoofdstuk zal zich bezig houden met een effectieve numerieke oplosmethode voor de discrete thermo-elektrische modelvergelijkingen. Hiervoor willen we geen standaard oplosmethode gebruiken, omdat gebleken is dat deze niet geschikt zijn.

In hoofdstuk 5 behandelen we een adaptieve multirooster methode welke gebruikt kan worden om de met behulp van de gemengde discretisatie methode verkregen problemen effectief op te lossen. Voor de lezer die niet bekend is met de multirooster methode wordt een introductie gegeven. In relatie tot de gemengde discretisatie methode bespreken we de Vanka relaxatie operator en de interrooster operatoren. Met behulp van "local mode analysis" laten we zien dat de Vanka relaxatie een zeer efficiente fout "smoother" is. Met betrekking tot de interrooster operatoren laten we zien dat de natuurlijke interrooster operatoren van de gemengde discretisatie voldoende nauwkeurig zijn, behalve de prolongatie operator voor de thermodynamische potentialen. Op basis van een "post-processing" techniek wordt de orde van deze prolongatie operator verbeterd van stuksgewijs constant naar stuksgewijs lineair. Ook wordt aandacht besteed aan adaptieve "composite" roosters, in het bijzonder worden de multirooster foutschatters in de context van de gemengde discretisatie methode behandeld.

Hoofdstuk 6 behandelt enkele richtlijnen voor de implementatie van de eindige elementen methode, in combinatie met gemengde eindige elementen en de multirooster methode, met behulp van een object georiënteerde programmeertaal. Een korte introductie tot object georiënteerd programmeren (OOP) wordt gegeven. We demonstreren dat de eigenschappen van een object georiënteerde programmeertaal zeer goed gebruikt kunnen worden om een elegante implementatie van de eindige elementen methode te realiseren. Het is de ervaring van de auteur dat de moeite om een gelijkwaardig programma in een traditionele taal te formuleren beduidend hoger ligt. De OOP methode wordt daarna gebruikt voor het ontwerpen van de object georiënteerde representaties van het "computational domain", de "grid levels", de elementen en efficiënte grid-scanning algorithmen. We benadrukken dat deze aanpak strikte localiteit forceert, hetgeen betekent dat geen globale opslag gebruikt wordt. Met andere woorden; oplossingen, residuen en stijfheidsmatrices worden elementsgewijs opgeslagen en geadresseerd door boodschappen naar objecten van het type element te zenden. Daar bij object georiënteerd programmeren de standaard methode voor het alloceren van geheugen voor de objecten tamelijk veel overhead kost worden ook mogelijkheden gegeven om dit proces efficiënter te maken.

In hoofdstuk 7 lichten we een tipje van de sluier op met betrekking tot de resultaten. In het bijzonder laten we zien dat de optimale multirooster efficiëntie inderdaad verkregen wordt voor het thermo-electrische probleem. Hiervoor beschouwen we een testgeval welke het zelfverwarmingseffect van een voorwaarts ingestelde diode modelleert. We formuleren het thermo-electrische probleem in de gemengde vorm en passen de gemengde discretisatie methode toe. De resulterende vergelijkingen worden numeriek opgelost met behulp van de multirooster methode. Voor het genoemde testprobleem worden de convergentieaspecten van de methode belicht. De resultaten demonstreren duidelijk de rooster onafhankelijke convergentie eigenschappen van de methode. Uiteraard zijn er veel meer eigenschappen te onderzoeken, maar dat is werk voor toekomstig onderzoek.

* * *

INTEGRATED SMART SENSORS WITH DIGITAL BUS INTERFACE

F.R. Riedijk
30 november 1993
Promotor: prof. dr. ir. J.H. Huijsing

Hoofdstuk 1

Conventionele sensoren zijn onvoldoende geschikt voor toepassing in geautomatiseerde besturingssystemen. In besturingssystemen loopt het gebruik van sensoren derhalve achter. Het gebrek aan adequate standaarden voor sensor uitgangssignalen en de communicatie in data-acquisitie systemen is het grootste probleem.

Sensoren, uitgerust met elektronische functies, kunnen een standaard uitgangssignaal bieden. Zulke sensoren worden ook wel "smart sensor" genoemd. De communicatie is meestal bus gecontroleerd.

Geïntegreerde smart sensoren moeten worden ontwikkeld ten einde smart sensoren te verkrijgen welke goedkoop genoeg zijn voor gebruik in consumenten produkten. Het ontwerp van geïntegreerde smart sensoren is onderhevig aan verschillende eisen. De smart sensoren moeten simpel, component onafhankelijk en ongevoelig voor digitale interferentie zijn.

Hoofdstuk 2

De fundamentele interface functies tussen het gevoelige element van de sensor en de digitale systemen worden hier systematisch beschouwd. Logischerwijze spelen dan A/D convertors een centrale rol. De totale keten van interface functies moet wel steeds als geheel bekeken worden.

Indien we de beschikbare A/D conversie technieken op een rijtje zetten, constateren we dat de indirecte convertors een perfect compromis vormen tussen de eerder genoemde eisen en een natuurlijke interface vormen naar sensoren. Hun oscillerende structuur is capabel in het uitlezen van alle elektrische parameters. Met het opnemen van meer elementen in de oscillerende loop kunnen we onderscheid maken in harmonische, vrij-lopende en gesynchroniseerde convertors. Alle produceren zij een (semi)digitaal tijdssignaal, hetgeen direct verwerkt kan worden door micro-processoren.

Innovatieve structuren, zoals de thermische sigma-delta convertor, die gedeeltelijk geïmplementeerd is met thermische middelen, maken specifiek gebruik van de combinatie van sensor en electronica op een chip.

Hoofdstuk 3

Indirecte convertors worden vaak gebruikt in combinatie met oversampling, hetgeen in feite neerkomt op het meten van meer oscillatie periodes. De resolutie verbetering en gevoeligheid voor interferentie verschilde voor de diverse indirecte convertors. De gesynchroniseerde convertors, vooral de sigma-delta convertor, bieden de beste specificaties. Eerste-orde sigma-delta convertors kunnen worden gebruikt in bus-gecontroleerde smart sensoren. Ingeval dat extra snelheid of resolutie gewenst is, kunnen tweede-orde sigma-delta convertors worden toegepast.

De nauwkeurigheid van de sigma-delta convertor als een gedeelte van het gehele systeem wordt beperkt door dode-zones in de overdracht. Twee fouten leiden hiertoe: deze zijn een lekkende integrator en imbalans in stroom schakelaars. De eerste fout leidt tot dode-zones op alle limit-cycle posities. De tweede fout tot dode-zones in het midden van de overdracht.

Hoofdstuk 4

Een bus gecontroleerde interface omgeving is ontwikkeld, gebaseerd op de geïntegreerde Smart Sensor Bus (IS^2). De bus is bedoeld voor gebruik op lokaal niveau en is noodzakelijkerwijs simpel gehouden om chip gebruik te reduceren van het interface blok. Desondanks biedt de gesynchroniseerde seriële transmissie mogelijkheden voor het verzenden van analoge, frequentie, duty-cycle, puls-rate en digitale signalen. Verder is de bus uitgerust met fout detectie, arbitrage en interrupt routines.

Hoofdstuk 5

Een aantal implementaties worden één voor één behandeld. Interface en communicatie functies zijn gecombineerd met diverse sensoren op een chip, zowel als in een hybride implementatie met een conventionele sensor.

De ontwerpen bevatten een aantal standaard sensor interface blokken, waaronder uitlees-circuits voor thermozuilen, weerstand-bruggen en lichtgevoelige diodes. Gevoeligheid tot microvolts wordt gehaald.

Diverse implementaties van de sigma-delta convertor zijn uitgeprobeerd, waaronder een enkelzijdige, een dubbele-bit en gebalanceerde sigma-delta convertor. Zoals verwacht, biedt de gebalanceerde sigma-delta een lineariteit van 14-bits bij een werkfrequentie van 150 kHz.

De meeste exemplaren zijn gerealiseerd in DIMES en vergen een gemiddeld chip oppervlak van enkele vierkante millimeters. De bus interface is ook gerealiseerd in het QuBic proces van Philips (0.25 mm^2).

* * *

DESIGN OF SYSTEMS FOR ACTIVE SOUND CONTROL

N.J. Doelman

2 december 1993

Promotoren: prof. dr. ir. A.J. Berkhout en prof. ir. G. Honderd.

In dit proefschrift wordt het ontwerptraject van een systeem voor actieve geluidonderdrukking beschreven. Het ontwerp begint met de fundamentele akoestische theorie en behandelt vervolgens discrete verdelingen van bronnen en sensoren, discrete akoestische processen, regelstrategieën en uiteindelijk een groot aantal praktische experimenten.

Het akoestisch principe van actieve geluidonderdrukking is gebaseerd op een verdeling van Huygens bronnen. Een dergelijke bronverdeling is in staat om een primair geluidveld te reconstrueren met een gelijke sterkte maar met een tegengestelde fase. Aangetoond wordt dat een continue verdeling van monopolen en dipolen op een gesloten oppervlak de ideale anti-geluid bronverdeling is. Om tot een praktischere verdeling van anti-geluid of secundaire bronnen te komen, worden geschikte kosten functies gedefinieerd. Een geschikte kosten functie geeft de hinder van een geluidveld weer en dit zou in z'n eenvoudigste vorm de totale akoestische energie of het totaal afgestraalde akoestisch vermogen kunnen zijn. De optimale sterkte van de secundaire bronnen wordt dan gevonden door de kosten functie te minimaliseren.

Het akoestische gedeelte van het ontwerp wordt besloten met de verdelingen van de sensoren. Er zijn twee typen sensoren nodig. Ten eerste een verdeling van detectie-sensoren, die het invallend primaire geluidveld meet. En ten tweede een verdeling van fout-sensoren die het residu geluidveld meet. Het blijkt dat de gemiddelde kwadratische druk op goed geplaatste fout-sensoren een geschikte en praktische kosten functie is. Het akoestisch ontwerp van de verdeling van bronnen en sensoren is uitgewerkt voor het vrije veld, een multi-modaal kanaal en een galmende, omsloten ruimte.

Op basis van de verdeling van bronnen en sensoren dient er een digital regelstrategie ontworpen te worden. De eerste stap hierin is het modelleren van de discrete akoestische processen of overdrachtsfuncties. Het is aangetoond dat een discreet akoestisch proces waarschijnlijk niet-minimum fase gedrag vertoont. Met deze eigenschap dient rekening gehouden te worden in het ontwerp van de regelaar. De Gegeneraliseerde Minimum Variantie (GMV) regelstrategie wordt voorgesteld als een geschikte methode voor het ontwerp van het regelsysteem voor actieve geluidonderdrukking. De strategie kan gebruikt worden voor de toepassing van een gecombineerde vooruitregeling en teruggekoppelde regeling. Het voornaamste doel van een dergelijke combinatie is het verbeteren van de robuustheid van de vooruitregeling. Hoewel een vooruitregeling een aanzienlijke onderdrukking van het, van te voren meetbare, lawaai kan bereiken, vertoont het een grote gevoeligheid voor systeem verstoringen.

De akoestische en regeltechnische ontwerpregels zijn getest in een aantal praktische experimenten. Deze zijn uitgevoerd in een galmvrije kamer, een kanaal en een galmende omsloten ruimte. De resultaten van de experimenten bevestigen de ontwerpregels in grote mate.

* * *

MEASURING AND MODELING COMPUTER NETWORKS

J.P.M. van Oorschot

21 december 1993

Promotoren: prof. ir. G. L. Reijns en prof. dr. H. Koppelaar

Computernetwerken zijn niet meer weg te denken uit de wereld van automatische informatieverwerking en informatie diensten. Men hoeft slechts een willekeurig computertijdschrift open te slaan om te zien dat de koppeling van computers door middel van een netwerk net zo veel aandacht krijgt als de computers en de computer applicaties zelf.

Door de explosieve groei van het gebruik van computernetwerken is de prestatie analyse van deze systemen de laatste jaren een belangrijk onderzoeksgebied geworden. Twee dominante stromen kunnen in dit onderzoek worden onderscheiden. Allereerst het onderzoek dat de kwantitatieve aspecten van netwerk applicaties en netwerk protocollen probeert te beschrijven, gebruik makend van traditionele prestatie analyse methoden, zoals wachtrij modellen en Petri-Net modellen. De prestatie karakteristieken van de primitieve netwerk operaties, het zenden en ontvangen van een eenheid van data of 'frame', worden hierbij bekend verondersteld.

Daarnaast wordt intensief onderzoek gedaan naar de prestaties van netwerk media en bijbehorende toegangsmechanismen. Hierbij worden de aan het me-

dium gekoppelde computers veelal geabstraheerd tot frame genererende entiteiten, waarvan het gedrag beschreven kan worden door enkele handzame wiskundige modellen, en de parameters bekend worden verondersteld.
Beide stromingen nemen aan dat de verwerkingstijd van een frame door een computer, zowel bij het zenden als bij het ontvangen, bekend mag worden verondersteld. Echter, omdat in de hedendaagse computernetwerken een grote diversiteit aan netwerk programmatuur, netwerk interface apparatuur en computers wordt aangetroffen, is deze aanname dikwijls niet realistisch. Zonder een correct model van deze verwerkingtijd leidt het in praktijk toepassen van de onderzoeksresultaten uit beide onderzoeksstromen tot onbetrouwbare resultaten.
Het onderzoek beschreven in dit proefschrift behelst het bepalen van de prestatie karakteristieken van primitieve netwerk operaties zoals deze worden uitgevoerd door computers verbonden aan een netwerk. Hierbij is aandacht besteed aan het ontwikkelen van meetmethodes, meethulpmiddelen en analysetechnieken.
Hoofdstukken 1, 2, 3 en 4 geven een overzicht van computernetwerken en het beheer van deze systemen, en introduceren de terminologie die in de rest van het proefschrift wordt gebruikt. Hierbij wordt met name aandacht besteed aan het 'ethernet' netwerk medium en het zogenaamde TCP/IP netwerk software systeem, aangezien beide zijn gebruikt tijdens de metingen die uitgevoerd zijn in het kader van dit onderzoek. Hoofdstuk 5 beschrijft de hulpmiddelen die zijn ontwikkeld om de prestatie karakteristieken van de onderzochte computernetwerken te meten en te verzamelen. Bij het ontwikkelen van deze hulpmiddelen is gekozen voor een aanpak die het mogelijk maakt te meten zonder de te observeren computers te hoeven aanpassen. Gespecialiseerde meetstations zijn gebruikt om de activiteiten van de computers op het netwerk te meten. Deze meetstations kunnen, gebruik makend van het 'Simple Network Management Protocol' (SNMP), op afstand worden ondervraagd, om zo een compleet beeld van het netwerk te krijgen. Tijdens het onderzoek zijn de meetstations aangepast conform de 'Remote Monitoring' (RMON) standaard, welke gedurende het onderzoek werd gepubliceerd. Om ondervraging van de meetstations mogelijk te maken, is ook een set hulpmiddelen voor netwerkbeheer vervaardigd, waarmee meetgegevens centraal kunnen worden verzameld.
Ondanks dat de prestatie analyse van netwerk media niet het primaire doel van dit onderzoek is, is de beschikbaarheid van betrouwbare modellen die het gedrag van het netwerk medium beschrijven essentieel. In metingen, die uitgevoerd worden om de prestaties van computers op het netwerk te meten, zal ook de transmissietijd van het gebruikte medium een rol spelen. Tijdens dit onderzoek is uitsluitend gebruik gemaakt van het ethernet netwerk medium. Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van de bestaande analytische modellen die van toepassing zijn op dit type medium. Het is gebleken dat er een relatief simpel analytisch model voorhanden is, die de tijd benadert die nodig is om een frame over het ethernet te verzenden. Wel blijkt de voorspellende waarde van dit model negatief te worden beïnvloed wanneer een klein aantal aktieve knopen op het net aanwezig is, en één van de computers het net gaat overheersen. Echter, in combinatie met het voorgestelde M/G/1 wachtrij model, is dit model goed bruikbaar om de invloed van het ethernet medium op de metingen, die tijdens dit onderzoek zijn gedaan, te isoleren.
Het uitvoeren van metingen in een computernetwerk is slechts een eerste stap in de prestatie analyse van de aangesloten computers. Voor een correcte interpretatie van de meetgegevens is een grondige kennis van de hard- en software architectuur van deze computers noodzakelijk. Een probleem hierbij is dat er zoveel verschillende types computers bestaan, dat een uitputtende opsomming en evaluatie ondoenlijk is. In Hoofdstuk 7 wordt een classificatie systeem geïntroduceerd, waarbij drie implementatie klassen voor zowel het verzenden als het ontvangen van frames worden onderscheiden. De primitieve netwerk operaties van een computer kunnen worden gekarakteriseerd door het correcte model voor het zenden en ontvangen van frames te kiezen. Op basis van deze modellen kunnen de meetgegevens worden geïnterpreteerd, en de prestatie karakteristieken van de betreffende computer worden afgeleid.
Hoofdstuk 8 gaat in op de problematiek van het synchroniseren van de computerklokken in een netwerk. De synchronisatie van klokken hangt nauw samen met het doen van nauwkeurige netwerk metingen. Immers, de zendtijd van een frame kan alleen direkt worden bepaald als de tijd van verzenden en de tijd van aankomst met elkaar kunnen worden vergeleken. Is dit niet het geval, dan kunnen alleen zogenaamde 'round-trip' tijden worden gemeten, waarbij een frame onmiddellijk door de ontvangende computer wordt teruggestuurd naar de zendende computer, en deze de totale round-trip tijd bepaald. Een enkele zendtijd zal hier dan uit moeten worden afgeleid.
Bestaande kloksynchronisatie algoritmen zijn gebaseerd op de aanname dat een round-trip tijd bestaat uit gelijke zendtijden in twee richtingen. De tijd die een frame nodig heeft om van de zendende computer naar de ontvangende computer te komen wordt dus verondersteld gelijk te zijn aan de tijd die nodig is voor de terugweg. De fout die door deze aanname wordt geïntroduceerd is zodanig dat de gesynchroniseerde klokken niet kunnen worden gebruikt om een enkele zendtijd te bepalen. In dit hoofdstuk worden enkele synchronisatie algoritmen geïntroduceerd die minder sterke veronderstellingen doen over de verhoudingen van de zendtijden. Door gebruik te maken van synchronisatie frames van verschillende lengtes wordt een betere synchronisatie gerealiseerd. Echter, zelfs de verbeterde algoritmen maken een zodanige fout dat het direkt meten van zendtijden niet mogelijk is. Het synchroniseren van klokken en het bepalen van zendtijden zijn twee gekoppelde problemen, als de een is opgelost, volgt automatisch de andere.
Hoofdstuk 9 beschrijft de methoden die zijn ontwikkeld om de prestatie karakteristieken van de primitieve netwerk operaties van een computer, het zenden en ontvangen van frames, te bepalen. De duur van deze operaties, samen met de zendtijd over het medium, vormen de totale zendtijd van een frame. De methoden vermijden het gebruik van gesynchroniseerde klokken, en gaan er van uit dat de duur van de primitieve operaties beschreven kunnen worden als zijnde lineair afhankelijk van de framelengte. Door het uitvoeren van round-trip metingen en het op maximale snelheid zenden van frames in een opstelling van drie computers is het mogelijk de parameters van de primitieve operaties te bepalen. Deze parameters kunnen vervolgens, in combinatie met het ethernet model uit Hoofdstuk 6 en enkel simpele wachtrij modellen, worden gebruikt om de frame verwerkende laag van een computernetwerk te modelleren. Dit overkoepelende model is geschikt om als basis te dienen voor modellen van netwerk applicaties en netwerk protocollen.
Hoofdstuk 10 ten slotte beschrijft een configuratiemodel dat kan dienen als basis voor een geautomatiseerd netwerkbeheerssysteem. Het model is er met name op gericht om deze systemen de mogelijkheid te bieden meetgegevens en prestatie karakteristieken van netwerkkomponenten gestruktureerd te kunnen opslaan en te verwerken. Aangezien een realistisch netwerk uit honderden tot duizenden van deze componenten bestaat, zal een beheerssysteem niet buiten een krachtig configuratiemodel kunnen. Het hier geïntroduceerde model dient als aanzet tot de daadwerkelijke implementatie van een nieuwe generatie netwerkbeheerssystemen, die de complexiteit van de hedendaagse computernetwerken moet kunnen omvatten.

* * *

AUTONOMOUS MOTION ON WHEELS

P. van Turennout
18 januari 1994
Promotor: prof. ir. G. Honderd

De titel van dit proefschrift luidt 'Autonome voortbeweging op wielen'. Het gaat hierin om mobiele robots: voertuigen die in staat zijn vrij in een omgeving rond te rijden. Deze staan tegenover de zogenaamde 'geleide voertuigen', die afhankelijk zijn van speciaal aangelegde banen of paden, zoals sporen die zijn aangegeven met tape, verf of anderszins, inductieve geleiding of rails. Verder zijn mobiele robots programmeerbaar, zodat hun voortbewegingen aan te passen zijn aan de taak die ze verrichten. Mobiele robots kunnen gebruikt worden voor transport (in fabrieken, magazijnen, kantoren), inspectie- en onderhoudswerkzaamheden (meestal op voor de mens ontoegankelijke plaatsen), surveillance (in gebouwen), exploratie (voor militair gebruik of op planeten) of in huis (van stofzuiger tot 'speelgoed'). De meeste mobiele robots rijden op wielen, maar er zijn er ook die zich verplaatsen op poten of rupsbanden. De laatste twee soorten worden vooral buiten in ruw, ongestructureerd terrein gebruikt; robots op wielen worden zowel binnen als buiten gebruikt. Het type mobiele robot dat in dit proefschrift behandeld wordt, heeft wielen en is bedoeld voor bekende, gestructureerde omgevingen (binnenshuis, in kantoren, geautomatiseerde fabrieken, enzovoort).

Navigatie is het centrale thema voor mobiele robots: hoe een bestemming te bereiken door de positie en koers bij te houden en door de voortbeweging te controleren en zonodig bij te sturen. Daarbij moet de omgeving worden waargenomen om beslissingen te kunnen nemen over de te volgen route. Als een kaart van de omgeving aan de robot bekend is, kan een route van te voren bepaald worden, maar lokale omstandigheden (obstakels bijvoorbeeld) kunnen aanleiding geven de route aan te passen. In de globale systeem-architectuur kan onderscheid gemaakt worden tussen een planningsniveau, dat de beslissingen neemt over de te volgen route (op basis van de opgegeven taak), en een onderliggend besturingsniveau, dat door middel van positiemetingen en een baanregelaar de robot langs de gewenste route leidt. Daar weer onder bevindt zich een uitvoeringsniveau, dat de motorregelingen en besturingselektronica voor de sensoren bevat. De navigator op het planningsniveau stuurt bewegingscommando's naar het regelsysteem op het besturingsniveau. Dit regelsysteem moet zelfstandig (autonoom) de voortbeweging van de robot zo accuraat mogelijk doen plaatsvinden conform de gegeven commando's. 'Autonoom' wil hier zeggen 'zonder tussenkomst van de navigator', tenzij lokale omstandigheden een ingreep rechtvaardigen. In dit proefschrift wordt met name gekeken naar de functies op het besturingsniveau. Als met deze functies een 'autonome voortbeweging op wielen' is gerealiseerd, wordt het des te interessanter de navigator steeds intelligenter te maken en daarmee de robot als geheel ook autonomer.

De mobiele robot PAVLOV van de Vakgroep Regeltechniek van de Faculteit der Elektrotechniek, Technische Universiteit Delft, is gebruikt voor experimenten. Een voorwaarde voor de te ontwikkelen functies op het besturingsniveau was dan ook dat ze implementeerbaar moesten zijn op PAVLOV. Enig pragmatisme is hierin niet geschuwd. Ook de functies op het uitvoeringsniveau hebben daarom de nodige aandacht gekregen.

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de voornaamste principes in pad-planningsmethoden. Daarin kan onderscheid gemaakt worden in methoden die op basis van de taak van de robot en van a priori kennis (met name een kaart) een pad van begin- naar eindpunt bepalen, en methoden die berusten op het waarnemen van de lokale omgeving en op basis daarvan de bewegingen van de robot coördineren. Een autonome robot gebruikt beide: met alle voorkennis wordt een zo goed mogelijk pad bepaald (volgens zekere criteria), maar indien nodig zullen waargenomen, onverwachte situaties (zoals obstakels) een aanpassing van het pad (eventueel lokaal) noodzakelijk maken. Een voorbeeld van een algoritme voor obstakelontwijking is gepresenteerd. Obstakels worden waargenomen door ultrasone sensoren en vervolgens gerepresenteerd door cirkelvormige gevarenzones binnen welke de robot niet mag komen. De robot wordt langs de raaklijnen aan deze zones voorbij de obstakels geleid. Experimenten hebben aangetoond dat dit eenvoudige algoritme in veel gevallen succesvolle resultaten geeft.

De kinematische en dynamische modelvorming van mobiele robots wordt behandeld in hoofdstuk 3. De kinematische eigenschappen worden beschreven door Jacobiaan-matrices, die de draaiingen van wielen relateren aan de verplaatsingen van de robot. Zowel de aandrijving als de meting van wielhoeken kan op verschillende wielen en wielassen plaatshebben. Verschillende Jacobianen (voor aandrijving en voor meting) worden afgeleid. De aandrijf-Jacobiaan speelt een belangrijke rol in de dynamica: deze transformeert de bewegingsvergelijkingen uitgedrukt in vrijheidsgraden van de robot naar vergelijkingen uitgedrukt in de aangedreven vrijheidsgraden van de wielen. Uit de laatsten kan worden afgeleid hoe de motoren de dynamica van de robot ervaren, zodat op basis daarvan de motorregelingen kunnen worden ingesteld. Twee verschillende mobiele robots zijn gebruikt in voorbeelden: een met twee onafhankelijk aangedreven wielen (zoals de PAVLOV-robot) en een met een gestuurd en aangedreven voorwiel ('driewieler'). Doordat de laatste feitelijk een extra vrijheidsgraad heeft (de stuurhoek van het voorwiel), is de driewieler lastiger te beschrijven. De stuurhoek komt als een (tijd-variërende) variabele voor in de Jacobianen. Beide typen zijn zogenaamde niet-holomische mobiele robots, wat erop neerkomt dat ze niet direct zijwaarts kunnen bewegen, hoewel een verplaatsing naar links of rechts toch mogelijk is (vergelijk met de inparkeermanoeuvre met een auto). Deze beperking in bewegingsvrijheid heeft consequenties voor onder andere de baanregeling.

Om een mobiele robot accuraat naar zijn bestemming te geleiden, moet een referentie-baan worden gespecificeerd. In hoofdstuk 4 worden twee typen banen vermeld, die afwisselend, al naar gelang de omstandigheden, gebruikt worden. Ten eerste kunnen banen expliciet gespecificeerd worden; ze zijn dan bepaald door de pad-planning (globaal of lokaal) en de vorm van de baan ligt vooraf vast. Ten tweede kunnen banen impliciet gespecificeerd worden, zoals bijvoorbeeld in 'volg de muur'. De vorm van de baan is dan niet vooraf bekend. Het volgen van een muur is aan het einde van het hoofdstuk gedemonstreerd. Voor expliciete banen is een beschrijvingswijze nodig. Hier is gekozen de banen te beschrijven als een serie punten (coördinaten) die door rechte lijnen met elkaar zijn verbonden. Gezien de toepassingen van mobiele robots is er geen aanleiding banen extreem nauwkeurig vast te leggen. Deze beschrijving vereenvoudigt de baanregeling en ook de commando's van de navigator kunnen eenvoudig worden gehouden. De baanregelaar in hoofdstuk 4 is zodanig ontworpen dat zowel expliciet als impliciet gespecificeerde banen mogelijk zijn, en is daarnaast door de definitie van pseudo-actuatoren onafhankelijk gemaakt van de actuele aandrijfconfiguratie. Uit experimenten met de PAVLOV-robot blijkt dat de geïmplementeerde regelaar goed in staat is de lijnen te volgen, waarbij stationaire fouten (zowel langs de lijnen als in het eindpunt) binnen de 1 cm gehouden worden.

Mobiele robots verdwalen als ze hun positie niet nauwkeurig kunnen bijhouden. De positiebepaling is het onderwerp van hoofdstuk 5, waarin twee basismethoden worden onderzocht. De eerste is odometrie ('gegist bestek'). Deze methode berust op het meten van verplaatsingen (door de wielomwentelingen bij te houden) en deze op te tellen bij de vorige berekende positie. Dit is een eenvoudig te implementeren algoritme, dat snel posities kan uitrekenen. Door het steeds maar optellen van verplaatsingen nemen ook de fouten aldoor toe. Een fout van 1 cm op een afgelegde weg van 5 m is haalbaar, maar kan ook al na 1 m optreden. Een goede calibratie van de parameters (met name de

wielstralen) is vereist; een afwijking van 1% kan al 10x zo grote fouten veroorzaken. Als tweede methode zijn de ultrasone sensoren gebruikt om afstanden tot muren te meten. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de plaats van muren bekend is. Door de gemeten afstanden steeds te combineren met de kaart, kan een schatting van de positie worden verkregen. De fout blijft hier beperkt tot enkele mm. Echter, muren zijn niet altijd beschikbaar als referentie (bij deuropeningen bijvoorbeeld) en bovendien zijn de schattingen veel minder frequent beschikbaar dan bij odometrie (ongeveer een factor 10). De schattingen uit beide methoden worden daarom gecombineerd met behulp van een Wiener filter. De onnauwkeurige odometrie-schattingen worden dan regelmatig gecorrigeerd met de nauwkeurige schattingen uit de ultrasone metingen. Ongeacht de afgelegde afstand van de robot zijn op deze wijze de positiefouten binnen 1 cm te houden.

Doordat positiefouten zeer beperkt blijven en de ook baanregeling betrouwbaar en accuraat is, kan de navigator volstaan met het geven van eenvoudige commando's. Ook situaties waarbij een paar obstakels moeten worden ontweken, kunnen worden afgehandeld. Hiermee is een zekere autonomie in de voortbeweging van de robot bereikt. Alleen in uitzonderlijke gevallen, zoals bij complexe configuraties van obstakels of ernstige positiefouten (door gebrek aan referenties of na een botsing, bijvoorbeeld), zal de navigator nieuwe commando's moeten geven. Ook de beslissingen wanneer te wisselen tussen expliciete en impliciete banen moeten nog door de navigator genomen worden. Van een daadwerkelijk autonome mobiele robot is misschien nog geen sprake, maar een eerste stap is gezet.

* * *

RELIABILITY RELATED RESEARCH ON PLASTIC IC-PACKAGES: A TEST CHIP APPROACH

H.C.J.M. van Gestel
24 januari 1994
Promotor: prof. dr. ir. S. Middelhoek

Hoofdstuk 1

Het eerste hoofdstuk van dit proefschrift legt uit hoe de fabricage van plastic IC-omhullingen wordt uitgevoerd. De processtappen kunnen als volgt worden omschreven:

1. De IC's (kristallen) worden op hun functionaliteit getest als ze nog op de wafer zitten.
2. Het verzagen van de wafer.
3. Het lijmen (die attach) van de functionele IC's op een speciale drager, die met de term "lead frame" wordt aangeduid.
4. Elektrisch contact tussen de chip en de uiteindelijke pootjes van de behuizing wordt gemaakt met behulp van haarfijn goud of aluminium draad (wire bonding).
5. Vervolgens worden strippen met een aantal IC's in de matrijs van een vormpersmachine gelegd. Dit proces wordt met de term "transfer molding" aangeduid.
6. Nadat het plastic uitgehard is, wordt de matrijs geopend en de lead frames eruit genomen. De lead frames worden dan geknipt en achtergebleven resten plastic worden verwijderd (deflash). De pootjes, die nu nog uit het plastic steken, moeten nog in de gewenste vorm gebogen worden en vertind om ze beter soldeerbaar te maken.
7. Nadat de omhulling voltooid is, dient er nog een visuele en elektrische test te worden uitgevoerd. De componenten die met elektrische of cosmetische gebreken uit de assemblage komen, moeten er nog uitgefilterd worden.

De processtappen, zoals hier vermeld, vereisen technische kennis op het gebied van chemie, vorm-persen, metaal-verbindingen, elektronica en mechanica. De bedrijfszekerheid van het uiteindelijke produkt hangt dan ook sterk af van de nauwkeurigheid en de kwaliteit van al deze afzonderlijke processtappen.

Hoofdstuk 1 benadrukt dat het vakgebied van plastic IC-behuizingen zich zeer snel ontwikkelt. Het is slechts 20 jaar geleden, dat de eerste transistor in een driepotige plastic behuizing werd geproduceerd. Vandaag de dag echter, worden behuizingen geproduceerd die 200 pootjes bevatten. Ook wordt duidelijk gemaakt dat plastic omhullingen, voor een prijs die vele malen lager is dan die van zijn keramische tegenhanger, een zeer goede bedrijfszekerheid kunnen bieden. Het zal dan ook niet lang duren voordat plastic packages hun weg vinden naar applicaties, die een zeer hoge bedrijfszekerheid vereisen: denk aan ruimtevaart of defensie toepassingen. Echter nadelen van de huidige omhullingstechnieken zijn er ook. Twee voorname nadelen zijn:

1. De "wire-bond" techniek is beperkt in de dichtheid van het aantal aansluitingen, omdat het capillair, waar de draad in zit, een minimum diameter heeft. Ook neemt de kans toe dat, tijdens het vorm-persen, er kortsluiting ontstaat wanneer er sprake is van een hoge "draad-dichtheid".
2. Omdat gebruik wordt gemaakt van thermo-harders (thermosets), is de totale pers-cyclus inherent gebonden aan de maximum inspuit-snelheid en de uithardingstijd.

Hoofdstuk 1 gaat ook even in op twee andere interconnectie technieken, die momenteel in gebruik en ontwikkeling zijn. Eén techniek maakt gebruik van een dunne film (tape) met opgedampte metaalsporen, die taps naar de chip toelopen. Door middel van druk en warmte wordt een verbinding gemaakt tussen deze sporen en de "bond pads" op de chip. Hiervoor is het noodzakelijk dat "bumps" worden aangebracht, hetzij op de chip, hetzij op de tape. Omdat alle sporen tegelijk op de chip worden gedrukt, en er dus geen capillair nodig is, kan de dichtheid van het aantal aansluitingen veel hoger worden. Echter, de prijs voor deze afmontage techniek is (nog steeds) vrij hoog. Een zich, op dit moment in toenemende belangstelling, ontwikkelende techniek is de zogenaamde "flip-chip" techniek, ook wel met C4 aangeduid. De chip, voorzien van soldeerbumps, wordt nu ondersteboven op een substraat geplaatst, en vervolgens wordt een soldeerverbinding tot stand gebracht door de chip-substraat combinatie te verhitten (reflow). Een grote mate van verbetering in deze techniek is onlangs verkregen door de soldeerverbindingen mechanisch te ondersteunen met een polymeer.

De huidige wire bond techniek is echter nog steeds het goedkoopst in termen van kosten per interconnectie. Het rechtstreeks plaatsen van kristallen op de printplaat (COB) heeft echter grote voordelen met betrekking tot de elektrische signaal overdracht (klok snelheid), warmteproduktie (dissipatie) en compactheid. Echter de beheersing van kosten en de aanwezige technische middelen dwingen meestal tot het gebruik van wire bonden als interconnectie techniek. Dit stelt weer eisen aan de thermische uitzettingscoëfficiënt van de printplaat en de hierop aangebrachte metalisatie. Alleen voor deelschakelingen, waarbij COB belangrijke voordelen biedt, wordt op dit moment deze techniek toegepast. Hier spreken we dan meestal over een "multi-chip module" (MCM).

Hoofdstuk 1, tenslotte, bakent het terrein af, waarbinnen dit onderzoek zich afspeelt. Er wordt benadrukt dat, hoewel een grondige kennis van de IC afmontage noodzakelijk is, dit proefschrift zich richt op het meten van de bedrijfszekerheid van de IC behuizingen, en beoogt dus niet produktie processen aan te passen met het doel de bedrijfszekerheid van de plastic behuizingen te verhogen.

Hoofdstuk 2

In het tweede hoofdstuk wordt eerst ingegaan op een wiskundige beschrijving van de bedrijfszekerheid. Duidelijk wordt, dat bedrijfszekerheid gedefinieerd is als de kans dat een produkt op een bepaald tijdstip nog functio-

neert. Omdat produkten veelal defect raken door één of meerdere zich in de tijd ontwikkelende fysische processen, blijkt dat de bedrijfszekerheid als functie van de tijd, goed te benaderen is met behulp van een lognormale kans distributie. De invloed van omgevingsparameters, zoals temperatuur of luchtvochtigheid, wordt bepaald als een versnellingsfactor op de faaltijd van een produkt. Het feit dat bepaalde omgevingsparameters de levensduur kunnen beïnvloeden, wordt gebruikt in zogenaamde bedrijfszekerheidstesten, die in een korte tijd (tot vele honderden uren) een schatting proberen te verkrijgen van de gemiddelde levensduur van een produkt. Uitgelegd wordt dat voor plastic behuizingen bedrijfszekerheidstesten veelal gebruik maken van temperatuurwisselproeven of van een combinatie van hoge temperatuur, hoge luchtvochtigheid en een aangelegde spanning (THB). Tenslotte wordt in hoofdstuk 2 nog benadrukt dat bij het bepalen van gemiddelde levensduur voor ieder gefaald produkt, de oorzaak van falen wordt vastgesteld, zodat de versnellingsfactor voor ieder afzonderlijk faalmechanisme bepaald kan worden. Immers, de gemiddelde levensduur verkregen uit een test, hoort te worden geëxtrapoleerd naar de levensduur onder "normale" omgevingscondities. Om de oorzaak van falen te kunnen vaststellen is faalanalyse (failure analysis) noodzakelijk. Omdat ook in dit proefschrift gebruik wordt gemaakt van faalanalyse technieken, worden een aantal van deze analysetechnieken nader uitgelegd.

Hoofdstuk 3

Hoofdstuk 3 begint met een discussie omtrent de mogelijke faalmechanismen die kunnen optreden in plastic omhullingen. Er wordt aangegeven dat de gepresenteerde faalmechanismen onderzocht zijn op een experimentele basis. Nadat een groot aantal mechanismen behandeld zijn, wordt nog aangestipt dat het niet altijd eenvoudig is om de bedrijfszekerheid van de behuizing te scheiden van de bedrijfszekerheid van de chip zelf.

Vervolgens gaat dit hoofdstuk in op het meten van de bedrijfszekerheid van de plastic behuizing, door gebruik te maken van speciale test chips. Hiervoor wordt een chip ontwerp getoond en worden een aantal van de daarop aanwezige testpatronen kort besproken. Deze test chip maakt gebruik van het zogenaamde "maak-verbreek" principe (make-it-or-break-it). De test patronen worden namelijk doorgemeten op de elektrische weerstand tussen de verschillende interconnectie lagen en/of de diffusie laag. Deze chips zijn ingepakt in 68pins PLCC behuizingen en in twee groepen verdeeld. Eén groep is blootgesteld aan een temperatuur wisselproef, en de ander aan een zeer versnelde levensduur test (HAST). Van beide testen worden zowel de akoestisch gemeten oppervlaktehechtingen als de elektrische meetresultaten besproken. Een aantal behuizingen is vervolgens aan een faalanalyse onderworpen en hiervan worden fotografisch een aantal resultaten geïllustreerd.

Met behulp van deze testresultaten worden tenslotte een aantal ervaringen en conclusies op een rijtje gezet:

- Voor de bedrijfszekerheid van de behuizing is een goede hechting tussen kristal oppervlak en plastic van groot belang.
- de maak-verbreek methode is gevoelig voor statistische spreiding. Deze spreiding wordt mede in de hand gewerkt door het feit dat deze test-kristallen niet gefabriceerd zijn in een standaard produktie lijn, plus het feit dat ze na fabricage anders behandeld worden dan "gewone" produktie kristallen, het zijn nu eenmaal test chips. Beide hebben er toe bijgedragen, dat er initiële delaminatie na omhulling is waargenomen, en slechts een matige performance in de bedrijfszekerheidstesten bereikt wordt.
- De bedrijfszekerheid is in deze methode ook deels afhanklelijk van de chip processing. Dit wordt geïllustreerd in dit hoofdstuk door alle meetresultaten op een "per-wafer" basis te presenteren. Vooral het feit dat deze meetmethode het noodzaakt om de produkten te testen todat ze falen, draagt ertoe bij, dat processing invloeden een grotere rol gaan spelen.
- De meetmethode is arbeidsintensief. Dit kan verklaard worden door enerzijds de uit te voeren (lange) bedrijfszekerheidstesten en anderzijds door de redelijk grote hoeveelheid metingen en data die verwerkt dient te worden. Alleen door de complete meetmethode, inclusief data verwerking, verregaand te automatiseren en dit type chip continu mee te nemen in de produktie, wordt een resultaat bereikt dat bruikbaar is om de bedrijfszekerheid te monitoren.

Hoofdstuk 4

In dit hoofdstuk wordt een andere benadering gezocht voor het meten van de bedrijfszekerheid. Het alternatief is proberen juist niet de daadwerkelijk optredende fouten te meten, zoals in hoofdstuk 3 beschreven is. Echter deze aanpak is complexer, omdat er dan meer kennis noodzakelijk is omtrent de fysische grootheden, die een rol spelen in de bedrijfszekerheid van de plastic omhulde IC's. Dit hoofdstuk behandelt een theoretische aanpak om iets meer over de omhulde chip te weten te komen. Met name is dit hoofdstuk gericht op de mechanische spanningen die optreden in een omhulling. Die spanningen ontstaan in de omhullingen, omdat de uitzettingscoëfficiënten van de verschillende materialen niet gelijk zijn, en omdat het plastic op een hoge temperatuur (± 170°C) uithardt. Uitgelegd wordt dat schuifspanningen in de hoeken van het chipoppervlak verantwoordelijk zijn voor delaminatie en ook hoe verschillende geometrische afmetingen de mechanische spanningen in de omhulling beïnvloeden. Verder wordt een onderzoek behandeld waarin spannings-sensor chips gebruikt worden om de mechanische spanningen te meten in 40pins DIL behuizingen, waarbij verschillende materiaalconfiguraties voor de omhullingen gebruikt worden. Vervolgens wordt de eindige elementen methode geïntroduceerd als simulatiemethode voor de mechanische spanningen in de omhulling. De resultaten van de spanningssensor chips en de simulaties worden vervolgens vergeleken. Het blijkt dat enerzijds de nauwkeurigheid van de metingen wat tegenvalt, maar anderzijds dat er duidelijk een verschil kan worden waargenomen ten aanzien van de gradiënt van de mechanische spanning. De simulaties tonen een sterke toename van de spanningen aan de rand van de chip, terwijl de metingen een afname tonen. Dit is te verklaren door het feit dat het plastic in de temperatuur stap van uitharden naar kamertemperatuur, als "te stijf" wordt gesimuleerd. Ook blijkt dat het gebruik van verschillende materialen voor de omhulling essentiële gevolgen heeft voor de mechanische spanningscondities op het IC oppervlak. Omdat uit experimenteel onderzoek blijkt dat ook de bedrijfszekerheid beïnvloed wordt door de verschillende materialen, lijkt het voor de hand liggen dat de eindige elementen methode zal evolueren tot een gereedschap voor het voorspellen van de bedrijfszekerheid.

Echter, hiervoor zijn in eerste instantie spanningsmetingen nodig met een zo hoog mogelijke nauwkeurigheid. Hiermee kan dan de materiaalbeschrijving in de eindige elementen methode worden aangepast, zodat de gesimuleerde resultaten beter overeenkomen met de realiteit. Dit vereist echter een simulatie techniek waarin fysische niet-lineaire materiaal beschrijvingen gebruikt worden. Dit type eindige elementen analyses worden daardoor echter snel complexer. Hoofdstuk 4 bestudeert de mogelijkheden van niet-lineaire meteriaalbeschrijvingen in een onderzoek naar het breukgedrag in de hechtingslagen van de chip-omhulling. Voor deze berekening zijn speciale "interface"-elementen geplaatst in een model dat geometrisch lijkt op een PLCC behuizing. Omdat van deze behuizing een groot aantal metingen van de hechting tussen kristaloppervlak en plastic aanwezig is, kunnen de resultaten met elkaar worden vergeleken. Het blijkt dat de simulatie van scheurvorming, welke gebruik maakt van een breuk-energie principe, resultaten geeft, die goed overeenkomen met de praktijk. Dit komt doordat de interface-elementen de hoge spanningsconcentraties aan de randen van de chip al snel weg nemen. Hierdoor wordt de realiteit beter benaderd en verloopt scheurvorming aan het chip oppervlak zoals de metingen aangeven. De berekening geeft ook aan dat in gedelamineerde gebieden op het chipoppervlak er een

horizontale beweging van het plastic plaats vindt in combinatie met een verticale druk. Dit verklaart de metaalbaan-verschuivingen en passivatie-scheuren zichtbaar na faalanalyse van omhullingen blootgesteld aan temperatuurwissel-testen. Bovendien is het mogelijk veranderingen van de spanningsgradiënt aan het chip oppervlak te simuleren, die dan weer gecorreleerd kunnen worden aan metingen m.b.v. spannings-sensor chips.

Hoofdstuk 5

Zoals aangegeven in hoofdstuk 4, is er een mogelijkheid om de bedrijfszekerheid te bepalen door middel van sensor chips. Het doel van deze chips is het meten van fysische parameters, die op hun beurt weer gerelateerd worden aan de bedrijfszekerheid. In dit hoofdstuk wordt de ontwikkeling, meetprocedure en realisatie getoond van een nauwkeurige mechanische spanningssensor chip. Uitgelegd wordt hoe het piezoresistieve effect in silicium kan worden benut om de mechanische spanningen te meten en de spanningscomponenten van elkaar te scheiden. Na een wiskundige beschrijving van de relatie tussen relatieve weerstands-verandering en mechanische spanningen, wordt mede met behulp van resultaten uit hoofdstuk 4, een aantal punten opgesomd, waaraan een ontwerp voor een spannings-sensor chip, die bestaat uit weerstanden in verschillende richtingen, zo veel mogelijk moet voldoen:

- De weerstandswaarde moet hoog zijn, zodat een goede meetnauwkeurigheid van de relatieve verandering verkregen wordt.
- De dichtheid van de weerstanden moet zo hoog mogelijk zijn, zodat elke meting zo lokaal mogelijk wordt uitgevoerd.
- Er mag geen extra warmte gegenereerd worden door de chip. Dit geeft namelijk een temperatuur-gradiënt over het chip oppervlak waarvoor de weerstandswaarden gecorrigeerd moeten worden. Bovendien beïnvloedt een temperatuur-gradiënt ook de mechanische spanningen.
- Het aantal benodigde aansluitingen om de sensor chip door te meten moet zo laag mogelijk zijn. Als een test kristal hieraan niet voldoet, worden metingen al heel snel te omslachtig en foutgevoelig.
- Er moet een mogelijkheid zijn een unieke identificatie code op de chip in te programmeren en die moet, bij voorkeur, serieel kunnen worden uitgelezen.
- De afmetingen van de chip moeten behoorlijk groot zijn. Bij een toenemend chipoppervlak nemen namelijk ook de mechanische spanningen toe. De meeste bedrijfszekerheidsproblemen die aan mechanische spanningen gerelateerd zijn, komen dan ook voor bij grotere kristal afmetingen.

Vervolgens wordt een gerealiseerd ontwerp getoond, dat zo goed mogelijk aan deze eisen voldoet. De functionaliteit van het ontwerp wordt nader toegelicht door metingen van deze chip te vergelijken met de resultaten van een eindige elementen simulatie. De mechanische spanning wordt hier aangebracht op de chip door middel van een vierpunts-buigbrug. Hoofdstuk 5 eindigt met de conclusie dat de hier ontwikkelde spannings-sensor chip in staat is om nauwkeurige spanningsmetingen te verrichten, en dat de meetresultaten te vertalen zijn naar een spanningsfunctie die continu over het sensoroppervlak gedefinieerd is. Dit laatste geeft de mogelijkheid de resultaten terug te koppelen naar de eindige elementen methode.

Hoofdstuk 6

Dit laatste hoofdstuk borduurt verder op de sensor benadering van hoofdstuk 4 en 5. In dit hoofdstuk echter, komt vocht aan de orde als fysisch te meten parameter. De relatie tussen vocht en bedrijfszekerheid van plastic IC omhullingen wordt nader uitgelegd. Veel aandacht wordt besteed aan de absorbtie van vocht uit de omgeving. Dit kan gemeten worden door de gewichtstoename van de omhulling te bepalen, en grafieken hiervan worden getoond. Verder wordt uitgelegd dat er twee aspecten van de bedrijfszekerheid domineren: corrosie en scheurvorming tijdens solderen (popcorn). Er worden een aantal meetmethoden besproken die als vocht sensor in aanmerking komen. Het eerste ontwerp maakt gebruik van de toenemende geleiding aan het SiO_2 oppervlak veroorzaakt door vocht. De sensor werking lijkt het meest op die van de ISFET, maar werkt toch met een "gate" elektrode. Door uit gewichtsopname een diffusie constante te extraheren, blijkt dat de sensor al veel sneller de aanwezigheid van vocht aangeeft, als beschreven wordt door de diffusievergelijking van Fick. Hiermee blijkt de dualiteit in de vochtopname-mechanismen. Enerzijds absorbeert het plastic vocht relatief langzaam, maar anderzijds blijkt de package erg permeabel te zijn voor vocht. Hoewel duidelijk blijkt dat vocht zich in een zeer korte tijd naar de interface tussen plastic en chip kan begeven, is de relatie met het popcorn effect nog niet helemaal duidelijk. Popcorn wordt namelijk vaak toegeschreven aan vocht accumulatie in de interfaces van het plastic, maar een globale opname van vocht door het plastic is waarschijnlijk ook hieraan gerelateerd.
Op deze manier blijkt het dus mogelijk de permeabiliteit van de behuizing te meten, maar er is ook behoefte aan het bepalen van de globale absorbtie van vocht door het plastic. Een capacitieve benadering lijkt hiervoor het meest geschikt, omdat water een veel hogere diëlektrische constante heeft dan plastic. Echter hoofdstuk 6 laat zien dat vocht zich snel naar het chipoppervlak beweegt en dat er bovendien corrosie kan ontstaan aan kam-structuren van ongepassiveerd metaal. Hieruit wordt geconcludeerd dat voor deze capacitieve meting een zo dik mogelijke laag van plastic gebruikt dient te worden, zonder daarbij invloeden te ondervinden van oppervlakte effecten. Er wordt dan gekozen om de capaciteit tussen de pootjes van de omhulling te meten, en daar is een nauwkeurige oscillator voor nodig. Hoofdstuk 6 eindigt met het bespreken van een elektronica circuit geschikt voor het zeer nauwkeurig meten van capaciteit. Dit circuit is gerealiseerd in CMOS, zodat de vocht absorbtie niet verstoord wordt door dissipatie van de chip. Tenslotte wordt ook deze chip gepresenteerd gezamenlijk met de sensor-respons.

* * *

THE FISH METHOD: INTERACTION BETWEEN AC-MACHINES AND SWITCHING POWER CONVERTERS

A. Veltman
25 januari 1994
Promotoren: prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch en prof. dr.-ing. W. Deleroi

In het algemeen worden driefasige draaistroommachines in aandrijvingen met variabele snelheid aangestuurd door schakelende vermogensomzetters met uitgangsspanningen (of stromen) in de vorm van een reeks pulsen. Een schakelpatroon stuurt de breedte en volgorde van alle pulsen voor ieder van de drie fasen. Het effect van een schakelpatroon op het machinegedrag is zeer complex: koppelrimpel, vermogensverliezen in de machine en in de omzetter, piekstromen, geluidsproduktie enz. hangen er direct van af. Het enorme aantal variabelen in een schakelpatroon maakt het zoeken van een optimum een moeizame opdracht.
Als de interactie tussen draaistroommachines en omzetters bestudeerd wordt, zijn goede simulatiemodellen onontbeerlijk. In dit proefschrift wordt een nieuw gedefinieerde ideale component geïntroduceerd: de Ideale Roterende TransFormator (IRTF) genaamd. Hiermee is het eenvoudig om realistische machinemodellen inclusief stroomverdringing in de rotor op te stellen en het systeemgedrag als gevolg van alle mogelijke mechanische belastingen en geschakelde statorspanningen na te bootsen.
Dit proefschrift is gewijd aan een nieuw gezichtspunt in deze ingewikkelde materie: de Vis-Methode (Fish Method). Na een, op het eerste gezicht onbezonnen vereenvoudiging van het machinemodel, ontstaat een eenvoudige analytische beschrijving van de statorstroom uitgedrukt in fluxen. Hierop is de vis-methode gebaseerd. Door de statorflux-baan op een ronddraaiend

coördinatenstelsel te projecteren ontstaat een, soms op een vis lijkende, unieke handtekening van het betreffende schakelpatroon: de flux-vis. De vrijwel gelijkvormige stroom-vis ontstaat door de stroomvector op het zelfde coördinatenstelsel af te beelden. Op grond van de afmetingen van de flux-vis is een algemeen toepasbaar kwaliteitscriterium gedefinieerd dat onafhankelijk is van machineparameters waardoor eenvoudig vergelijken van schakelpatronen mogelijk wordt zonder eerst uitgebreide analyses uit te hoeven voeren.

De flux-vis bevat een veelheid aan informatie. In één oogopslag kan de figuur reeds worden ingeschat. Kleine, rechthoekig aandoende vissen leveren een lagere koppelrimpel en kleinere piekstromen dan grotere, minder rechthoekige vissen. Een kleinere flux-vis levert altijd een kleinere stroom-vis en daardoor een beter machinegedrag. Dit geldt voor alle draaistroommachines.

De wiskundige stappen welke de vis-methode beschrijven hebben geleid tot een gestructureerde ontwerpprocedure voor synchrone schakelpatronen waarbij een minimale schakeltijd tussen twee schakelmomenten of een maximaal toelaatbare schakelfrequentie kan worden gewaarborgd. De procedure is geschikt voor de zogenaamde spanningsbron-invertor (DC / AC) met 2 schakeltoestanden per fase en een constante tussenkringspanning en uitgangsfrequentie. In de praktijk echter moet de uitgangsfrequentie variabel zijn en is de tussenkringspanning niet constant. Elementaire inzichten uit de vismethode zijn vertaald naar een 'on-line' schakelstrategie waarmee een gesloten-lus flux-regeling van spanningsbron-invertoren mogelijk is. Deze schakelstrategie tolereert tevens tussenkringrimpel en transiënte regeling door middel van het begrenzen van de flux-vis dimensies, welke door de minimale schakeltijd worden bepaald.

Met een digitale signaal processor (DSP) is in ons laboratorium een systeem ontwikkeld waarmee op het zelfde moment drie fase-spanningen en drie fasestromen worden gemeten en getransformeerd. De berekende flux-vis en stroom-vis kunnen rechtstreeks op oscilloscoop schermen worden getoond met een bemonsteringsfrekwentie van 25 [kHz]. De verschillen tussen de gemetenstroom-vis en de flux-vis vormen de basis voor parameter- en toestandsschatting.

Tijdens de metingen werd een periodieke afwijking in de stroom-vis geconstateerd die afhankelijk was van de slipfrequentie. Het bleek dat dit verschijnsel door het passeren van rotorstaven werd veroorzaakt. Dit verschijnsel is verdienstelijk te maken voor het bepalen van de assnelheid en verdraaiingshoek zonder gebruik te hoeven maken van sensoren op de as. Op grond van de parameterbepaling is het ook mogelijk de rotorflux te schatten, waarmee de weg vrij is naar een flux-geregelde asynchrone aandrijving zonder mechanische sensoren met een optimaal schakelende invertor.

* * *

A SINGLE CHIP MULTI-CHANNEL OPTICAL TRANMISSION SYSTEM

L.A.D. van den Broeke
1 februari 1994
Promotor: prof. dr. ir. J. Davidse

Vergeleken met de traditionele koperkabel, biedt glasvezel belangrijke voordelen, zoals een grotere bandbreedte, minder verliezen, ongevoeligheid voor elektromagnetische stoorvelden en een geringere fysieke omvang. Toch wordt in veel toepassingen nog steeds de voorkeur gegeven aan de koperkabel, vanwege de hoge kosten van de benodigde elektro-optische zenders en optisch-elektrische ontvangers.

Met als uitgangspunt een minimalisatie van de kosten, wordt in dit proefschrift een systeem ontwikkeld, bestaande uit een zender en een ontvanger, dat geschikt is voor de transmissie van verschillende typen analoge en digitale signalen. Om de kosten te minimaliseren, wordt gebruik gemaakt van goedkope typen halfgeleiderlasers en fotodioden, worden meerdere signalen gelijktijdig door dezelfde glasvezel verstuurd, en is de voor het coderen en samenvoegen van de signalen benodigde elektronica kompleet geïntegreerd in een IC. Om de gevoeligheid voor de niet-lineariteiten van de goedkope lasers, het benodigde siliciumoppervlak van het IC en de totaal benodigde voedingsstroom te minimaliseren, is het systeem gebaseerd op (analoge) tijdverdeelmultiplex puls positie modulatie (TDPPM). Er is onderzocht hoe de totaal beschikbare transmissiecapaciteit en de kwaliteit van de overgedragen signalen afhangen van de eigenschappen van de optische en elektronische componenten.

De haalbaarheid van een dergelijk systeem is aangetoond door de realisatie van een prototype van het systeem, dat geschikt is voor gelijktijdige overdracht van 4 PAL-gecodeerde videosignalen.

* * *

MULTIMEDIA TELE-EDUCATION: PC-BASED REAL-TIME NARROWBAND APPLICATIONS

T. Algra
22 februari 1994
Prof. dr. J.C. Arnbak

Het onderwerp van dit proefschrift is de ontwikkeling van technieken ten behoeve van tele-educatie systemen, welke real-time afstandsonderwijs op professioneel niveau mogelijk maken. In vele landen komen situaties voor waarbij aanzienlijke delen van de bevolking verstoken zijn van enige vorm van hoger onderwijs door (bijvoorbeeld) geografische barrières. Conventionele vormen van afstandsonderwijs zijn echter vaak minder effektief dan het reguliere kontaktonderwijs. Bovendien zijn de bestaande onderwijsinstituten meestal onvoldoende uitgerust om een dergelijke vorm van onderwijs te realiseren. Het is echter mogelijk om met behulp van real-time tele-educatie, waarbij gebruik gemaakt wordt van telecommunicatie en computertechnologie, een vorm van afstandsonderwijs te realiseren, waarmee kontaktonderwijs dicht benaderd wordt. Dit betekent dat deze methoden beter geintegreerd kunnen worden in de organisatie en werkwijzen van bestaande instituten. Bovendien dragen de korte response-tijden en het sterk interaktieve karakter bij tot een grotere effektiviteit.

Na een overzicht van bestaande tele-educatie systemen wordt het ontwerp beschreven van een systeem dat in het bijzonder geschikt is voor de extensie van educatieve faciliteiten van universiteiten naar geïsoleerde gemeenschappen. De studie is gericht op kleinschalige instituten zoals die veel voorkomen in derde-wereld landen. Een typisch voorbeeld hiervan is de Universiteit van de Nederlands Antillen (UNA) op Curaçao, dat als een casus is beschouwd. Na analyse van de eisen en randvoorwaarden is een PC-gebaseerd systeem ontwikkeld, waarbij zoveel mogelijk funkties door middel van software zijn gerealiseerd. Hierbij zijn interaktieve media toegepast zoals een vorm van video met een lage beeldfrequentie, audio, en de communicatie via een gemeenschappelijk scherm met behulp van computertekst en graphics, een elektronisch schrijftablet, en een document-scanner.

Er wordt een snelle en effektieve coderingsmethode beschreven voor de overdracht van sekwenties van video-beelden. Deze techniek, die geschikt is voor toepassing in microcomputersystemen zonder gebruikmaking van specifieke hardware, leidt tot relatief korte overdrachtstijden, ook in situaties waarbij de bandbreedte van het communicatiekanaal een beperking vormt. Een onderdeel van deze methode is een nieuwe benadering voor entropiecodering. Modified Tunstall Coding (MTC) is een verbetering van het door Tunstall

voorgestelde compressie-algoritme voor de omzetting van reeksen bronsymbolen met een variabele lengte naar codewoorden met een vaste lengte. MTC is een aantrekkelijke vorm van entropiecodering bij bronnen met een beperkt alfabet en een lage entropie, in het bijzonder bij implementatie in software.

Vervolgens wordt een aantal verbeteringen voorgesteld voor het digitaal coderen en versturen van handgeschreven tekst bij toepassing ten behoeve van tele-educatie. Het betreft een efficiënte coderingstechniek, een additionele mogelijkheid om oppervlakken van getekende objekten in te kleuren, en een verbeterde methode voor de bewerking van bestaande gegevens. Real-time tele-educatie vereist dat de overdrachtstijden van visueel materiaal (bijvoorbeeld multimedia documenten) minimaal zijn. Daarvoor is een methode ontwikkeld ("pretransfer") waarbij de fluktuerende overcapaciteit van het communicatiekanaal tijdens de sessie wordt gebruikt voor het automatisch versturen van deze objekten, vóór het gewenste moment van weergave.

De genoemde technieken en oplossingen zijn geïntegreerd in het ontwerp van een real-time tele-educatie systeem, dat geschikt is voor smalle bandbreedtes. De ontwikkeling en de implementatie van dit interaktieve multimediasysteem worden beschreven. Een initieel prototype is gebruikt voor de uitvoering van een experiment in een werkelijke onderwijssituatie op de UNA. Uit de evaluatie-resultaten kan geconcludeerd worden dat het ontwikkelde multimedia-concept aan de gestelde eisen voldoet. Tele-educatie in deze vorm blijkt veelbelovend te zijn om effektief afstandsonderwijs te realiseren in de omschreven doelsituaties.

* * *

THE DESIGN OF LOW-VOLTAGE LOW-POWER ANALOG INTEGRATED CIRCUITS AND THEIR APPLICATIONS IN HEARING INSTRUMENTS

W.A. Serdijn
28 februari 1994
Prof. dr. ir. J. Davidse

Dit proefschrift handelt over het ontwerpen van laagspannings-, laagvermogens- analoge geïntegreerde schakelingen en hun toepassingen in hoorapparaten. De doelstelling is tweeledig:

- het geven van een ontwerp-procedure voor laagspannings-, laagvermogens-analoge geïntegreerde schakelingen in het algemeen, en
- het geven van een nieuwe opzet voor een hoorapparaat.

Na de inleiding in hoofdstuk 1 wordt in hoofdstuk 2 aangetoond dat laagspannings-, laagvermogens-, geïntegreerde schakelingen het beste functioneren in het stroom-domein. Op deze manier kan de invloed van de knooppunts-capaciteiten, welke de belangrijkste parasieten vormen in laagvermogens- geïntegreerde schakelingen, worden verminderd en kan indirekte tegenkoppeling, wat voordelig is in een laagspannings-omgeving, worden toegepast.

In hoofdstuk 3 worden drie wiskundige modellen afgeleid, die het klem-gedrag van bipolaire transistoren in laagspannings-, laagvermogens-schakelingen beschrijven met betrekking tot, achtereenvolgens, hun groot-signaal, klein-signaal en ruis-gedrag.

Hoofdstuk 4 behandelt het ontwerpen van laagspannings-, laagvermogens-tegengekoppelde versterkers. Twee versterker-configuraties, welke zeer geschikt worden geacht voor laagspannings-, laagvermogens- geïntegreerde schakelingen, worden onderzocht: stroomversterkers en transconductantie-versterkers. Voor elk versterkertype worden diverse kwaliteitsaspecten beschouwd: ruis, vervorming, nauwkeurigheid, bandbreedte, uitstuurbaarheid, vermogens-rendement en integreerbaarheid. Het blijkt dat een speciale variant van de stroomversterkers, de schalende stroomversterker, in veel gevallen de beste keuze vormt voor het realiseren van een reële overdrachtsfunctie. In de laatste paragraaf wordt een praktisch voorbeeld beschreven: een microfoon-voorversterker voor toepassing in hoorapparaten.

Hoofdstuk 5 gaat over het ontwerpen van laagspannings-, laagvermogens-automatische versterkingsregelingen. Vier verschillende configuraties voor het realiseren van AVR's worden gepresenteerd. Alle bestaan uit drie elementaire bouwstenen: een geregelde stroomversterker, een comparator en een spanningsvolger. Hun ontwerp wordt afzonderlijk behandeld. Als praktisch voorbeeld beschrijft de laatste paragraaf een automatische versterkingsregeling voor hoorapparaten.

Hoofdstuk 6 beschrijft het ontwerpen van laagspannings-, laagvermogens-filters. Het blijkt dat, gebruik makend van conventionele ontwerp-methoden, het moeilijk is, zo niet onmogelijk, om de kantelfrequentie over een groot bereik te regelen. Om dit probleem te overwinnen worden twee nieuwe integratoren geïntroduceerd, beide gebruik makend van een transconductantie-versterker met een indirekte uitgang. Als praktisch voorbeeld behandelt de laatste paragraaf een tweede-orde hoogdoorlaat leapfrog-filter.

In hoofdstuk 7 worden de resultaten van de voorgaande drie hoofdstukken gecombineerd teneinde een universeel toepasbaar analoge geïntegreerde schakeling voor hoorapparaten te realiseren. Dit IC bevat de volgende funkties: een microfoon-voorversterker, een luisterspoel-voorversterker, een hoogdoorlaat-filter en een laagdoorlaat-filter, beide met een regelbare kantelfrequentie, en een ingangsgeregelde automatische versterkingsregeling met een instelbaar kniepunt.

* * *

FREQUENCY DOMAIN ANALYSIS FOR NONLINEAR ELECTRONIC CIRCUITS

E. Kleihorst
14 maart 1994
Promotoren: prof. dr. ir. J. Davidse en prof. dr. ir. P.M. Dewilde

Het oplossen van niet-lineaire differentiaal algebraïsche vergelijkingen, met een periodiek rechterlid en met een beschrijving van het beoogde resultaat in het frequentiedomein, is reeds lang een bron van studie. Numerieke methoden zijn pas in de laatste twee decennia ontwikkeld. Tot de meest relevante methoden behoort de harmonische balanceermethode die, door invoering van de oplossing van een bepaalde geparametriseerde harmonische gedaante, leidt tot een omzetting van het differentiaal gedeelte van de vergelijkingen in een zuiver stelsel van niet-lineaire vergelijkingen.

Dit niet-lineaire stelsel kan dan opgelost worden met bekende oplosmethoden voor niet-lineaire vergelijkingen, zoals een fixed point of een Newton-Raphson algoritme. Deze methodieken konden pas recentelijk in netwerk simulatoren worden geïmplementeerd. Dit werd veroorzaakt door de meestal zeer lange runtijden en het gebruik van heel veel geheugenruimte. Zeker wanneer het niet-lineaire gedrag van betekenis gaat worden zoals bij volledig uitgestuurde versterkers. De huidige computersystemen beschikken meestal over zeer grote geheugenruimten en een virtueel geheugensysteem. Dit betekent dat het benodigde geheugen niet meer de belemmering is. De runtijden zijn echter nog wel een belemmering.

Een voorbeeld, om aan het laatste tegemoet te komen, is gegeven door Kundert. Het Newton algorithme wordt gedeeltelijk vervangen door een Samanskii methode. Hierbij wordt de Jacobiaan niet bij elke iteratie opnieuw bepaald, maar deze wordt vastgehouden vanaf een bepaalde iteratie totdat het convergentieproces niet meer voldoet. Pas dan wordt er een nieuwe Jacobiaan berekend en gefactoriseerd. Dit wordt gedaan omdat verreweg de

meeste runtijd gaat zitten in het berekenen, het opzetten en het factoriseren van de Jacobiaan.
Het zal duidelijk zijn dat dit het convergentieproces van het Newton algorithme zal aantasten en juist in die gevallen waar het niet-lineaire gedrag van de schakeling een significante invloed op het convergentieproces zal hebben. Hierdoor kan het proces wel eens niet convergeren.
Dit proefschrift handelt over een uitbreiding van de harmonische balanceermethode. De bedoeling van deze uitbreiding is om een gigantische hoeveelheid rekenwerk te voorkomen voor sterk niet-lineair aangestuurde electronische netwerken zoals bijvoorbeeld klasse-B en klasse-C versterkers. Bij zuiver harmonische analyse zouden er zoveel hogere harmonischen moeten worden betrokken in de vergelijkingen dat de runtijden op normale rekenmachines zeer groot gaan worden. De uitbreiding bestaat hierin dat, naast een beperkte geparametriseerde harmonische functierij, tevens een restbeschrijving in het tijddomein wordt toegevoegd in de vorm van een periodieke golfbeschrijving op een door het tijddomein algorithme vastgelegde tijdreeks. Deze restbeschrijving zal dus alle harmonischen beschrijven welke niet in het frequentiedomein algorithme worden meeberekend. Dit houdt in dat alleen een beperkt aantal relevante harmonischen in het frequentiedomein worden bepaald. Het tijddomein algorithme wordt gestart met de initiële condities voortkomend uit deze relevante harmonischen op een tijdstip $t=t_0$. Deze initiële condities zijn echter niet voldoende om een inschakelverschijnsel in het tijddomein te voorkomen.
Welnu, dit inschakelverschijnsel wordt verwijderd door een aantal perioden in het tijddomein door te rekenen in het geval dat het inschakelverschijnsel heel kort duurt. Is het echter een langzaam uitdempend inschakelverschijnsel dan wordt voortijdig terug gegaan naar het frequentiedomein met dus niet-correcte restgolfvormen. Deze golfvormen bevatten dus een gedeelte van het inschakelverschijnsel. Het frequentiedomein algorithme kan echter alleen het periodieke deel van het signaal beschrijven. Het gevolg hiervan is dat het gedeelte van het inschakelverschijnsel dat door de Fourier transformatie uit de complete tijddomein beschrijving is gehaald om alleen het restsignaal over te houden, door het frequentiedomein algorithme voor een groot deel wordt verwijderd. Door dit proces nu enige malen te herhalen, door middel van een relaxatieproces rond het tijddomein en het frequentiedomein algorithme, kan in zeer korte tijd de periodieke stationaire toestand worden verkregen.
De initiële toestand voor het tijddomein algorithme wordt nu bepaald door de resultaten van de harmonische analyse op $t=t_0$ te nemen en deze aan te vullen met het restsignaal op $t=t_0+T$, waarbij T de periodetijd is. Echter een niet onaanzienlijke versnelling wordt bereikt door voor dit laatste de halve som van het restsignaal op $t=t_0$ en $t=t_0+T$ te nemen.
Deze methode is beschreven in dit rapport en is uitgewerkt in het programma PHINAL. Met dit programma zijn enige voorbeelden gedraaid waarvan sommige zijn weergegeven in hoofdstuk 8. Hiervan geeft het tweede voorbeeld met behulp van tabel 8.2 duidelijk aan dat het reduceren van de harmonischen in het frequentiedomein en het toevoegen van een resttijdsignaal leidt tot een aanzienlijk kortere runtijd. En wel zonder dat er ingeleverd wordt aan nauwkeurigheid van de resultaten en zonder dat er een minder betrouwbaar convergentieproces wordt geproduceerd.
Het eerste voorbeeld van hoofdstuk 8 is gebruikt om de effectiviteit van het relaxatieproces ten aanzien van het niet beoogde inschakelverschijnsel aan te tonen. Het kan worden aangetoond en het is ook gebleken dat dit proces sneller convergeert naarmate het inschakelverschijnsel langer duurt. Dit kan worden gezien in tabel 8.1.

* * *

INTEGRATED SENSOR BUS

M.J. Rutka
22 maart 1994
Promotoren: prof. dr. ir. S. Middelhoek en prof. dr. ir. J.H. Huijsing

De laatste jaren is er een sterke toename in de belangstelling voor silicium als basismateriaal voor geïntegreerde micro-sensoren en micro-aktuatoren. Silicium is niet het meest geschikt ten aanzien van gevoeligheid en werkgebied. Niettemin, de materiële compatibiliteit van silicium sensoren met micro-elektronische schakelingen maakt de constructie van complexe componenten mogelijk, die kunnen worden beschouwd als complete sub-systemen. In het Voorwoord wordt antwoord gegeven op de volgende vragen: waarom worden silicium sensoren gebruikt? waarom worden geïntegreerde silicium smart sensoren gebruikt? waarom wordt een sensor bus gebruikt? en waarom is deze bus serieel? Het laatste deel van het Voorwoord beschrijft de indeling van het proefschrift.
Het eerste deel van Hoofdstuk 1 geeft een overzicht van de bestaande, meest gebruikte, digitale bus interfaces. Dit overzicht omvat een breed toepassingsgebied van consumenten produkten tot computernetwerken. De eigenschappen van elk interface type en de mogelijkheid voor het toepassen van smart sensoren worden hierin beschreven. Een overzicht van onderzoeksactiviteiten op het gebied van geïntegreerde sensor bussen staat in het tweede deel van Hoofdstuk 1. Er zijn twee hoofdrichtingen:
- Lokale bussen, met beperkte snelheid en capaciteit en verschillende data formaten. Deze interfaces bezitten gewoonlijk een minimum aan benodigde hardware, b.v., 'Integrated Smart Sensor' bus, IS^2;
- Complexe interfaces, met hoge snelheid en uitgebreide mogelijkheden, die gewoonlijk binair gecodeerde data verzenden, b.v. dit onderzoek.

De noodzakelijke randvoorwaarden voor de nieuwe sensor bus worden gegeven in Hoofdstuk 2. Tot de belangrijkste behoren:
- De minimale interferentie generatie;
- Het minimale aantal uitwendige aansluitingen;
- Fabricage compatibiliteit met silicium sensoren;
- Het minimale chip oppervlak.

Hoofdstuk 3 beschrijft de algemene kenmerken van het voorgestelde interface systeem. De nadruk ligt op de bus structuur, interface procedures en beperkingen. Tot de belangrijkste kenmerken van het systeem behoren:
- Ring bus structuur;
- Een aantal interface procedures, welke zeer bruikbaar zijn voor meetinstrumenten.

De inhoud van Hoofdstuk 4 bevat het sensor bus protocol. In detail worden de interface berichten, de interface functies en de specificatie van de fysieke laag beschreven. De belangrijkste kenmerken van de interface zijn:
- RS-422-A standaard voor signaal transmissie;
- Zelf-synchronizerend data signaal om het aantal externe verbindingen te minimaliseren.

In Hoofdstuk 5 wordt speciale aandacht besteed aan de fabricage compatibiliteit van silicium sensoren en digitale schakelingen. Dit is een uitbreiding van analoog-digitale schakelingen compatibiliteit. Als oplossing worden digitale schakelingen in een speciale bipolaire technologie gemaakt, 'Modified Emitter Function Logic', MEFL.
Hoofdstuk 6 beschrijft de realisatie van een prototype sensor bus interface. Alle bouwstenen, die nodig zijn voor het realiseren van de basis interface worden behandeld. IC's worden in het standaard bipolaire proces gemaakt, Dimes-01.
Hoofdstuk 7 vat het proefschrift samen en bevat conclusies die werden ontwikkeld tijdens het definiëren en realiseren van de geïntegreerde sensor bus.

* * *

TRELLIS-BASED SOURCE AND CHANNEL CODING

R.J. van der Vleuten
29 maart 1994
Promotor: prof. dr. ir. J. Biemond

Dit proefschrift betreft de efficiënte transmissie van digitale gegevens, zoals gedigitaliseerde geluiden of beelden, van een bron naar hun bestemming. Om zo goed mogelijk gebruik te maken van de beperkte capaciteit van het bron-bestemmingskanaal, wordt een bron-codeerder gebruikt om de minder belangrijke informatie te schrappen. Om de optredende transmissiefouten te corrigeren wordt een kanaal-codeerder gebruikt. Efficiënte technieken voor bron- en kanaalcodering, gebaseerd op trellisen, worden respectievelijk onderzocht in Deel I en Deel II van dit proefschrift.

Deel I: Trellis-Gebaseerde Broncodering

Er zijn twee hoofdstromen in de broncodering: verliesvrije broncodering en "verliezende" broncodering of gegevensreductie. Die laatste vorm van broncodering wordt hier beschouwd.

De kunst van het broncoderen wordt quantiseren genoemd. De vooruitgang van de digitale technologie heeft geleid tot quantisatoren die meerdere bronbemonsteringen in één keer verwerken en bekend staan als vectorquantisatoren. Over het algemeen neemt de complexiteit van vectorquantisatoren exponentieel toe met de dimensie van de vectoren, maar er zijn enkele variaties van vectorquantisatie die een kleinere complexiteit hebben. Een daarvan staat bekend als 'trellis waveform coding'. TWC (gebruikt voor zowel 'trellis waveform coding} als een 'trellis waveform coder') kan verbeterd worden door een techniek die bekend staat als 'trellis-coded quantization' (TCQ).

In Deel I van dit proefschrift worden nieuwe TCQs ontworpen, gebaseerd op een namaakproces-aanpak. Als men deze aanpak volgt, probeert men de oorspronkelijke bron na te bootsen d.m.v. een namaakproces dat gegenereerd wordt door een willekeurige bitstroom aan de decodeerder toe te voeren. Om de prestaties van de nieuwe quantisatoren te evalueren zijn experimenten uitgevoerd voor geheugenloze uniforme, Gaussische en Laplaciaanse bronnen. Voor de geheugenloze Gaussische en Laplaciaanse bronnen verbeteren de nieuwe TCQs alle eerder gepubliceerde resultaten.

De tak van de informatietheorie die zich bezighoudt met quantisatie wordt produktie-vervormingstheorie (Eng.: rate distortion theory) genoemd. Produktie-vervormingstheorie voor continue geheugenloze bronnen met discrete representaties heet discreet-alfabet produktie-vervormingstheorie. Berekening van de discreet-alfabet produktie-vervormingsfunctie levert niet alleen de asymptotisch haalbare codeerprestatie op, maar ook de asymptotisch optimale representatiesymbolen. Experimenten hebben aangetoond dat TWCs die gebruik maken van die representatiesymbolen bijna net zo goed presteren als geoptimaliseerde TWCs. Dit is ook het geval voor TWCs die gebruik maken van de representatiesymbolen van de maximum-entropie quantisator. Voor lage complexiteiten presteren de TWCs gebaseerd op de maximum-entropie quantisator beter dan de TWCs gebaseerd op de produktie-vervormingsfunctie. De prestatie van de nieuwe TCQs is ook ook onderzocht voor een discrete cosinus transformatie (DCT) beeldcoderingsschema. De prestatie van het codeerschema gebruikmakend van TCQs is vergeleken met de prestatie indien gebruik gemaakt wordt van Lloyd-Max quantisatoren (LMQs).Het bleek dat de waargenomen beeldkwaliteit aanzienlijk verbetert indien TCQs gebruikt worden i.p.v. LMQs: de voorkomende randen worden beter bewaard en er zijn veel minder blokeffecten en achtergrondruis zichtbaar.

De voornaamste praktische voordelen van TCQ zijn dat het geen entropiecodering nodig heeft en een asymmetrische complexiteit heeft, die geconcentreerd is aan de coderingskant. Een duidelijk praktisch voordeel van TCQ t.o.v. traditionele vector-quantisatie is bovendien zijn lagere gevoeligheid voor kanaalfouten.

Deel II: Trellis-Gebaseerde Kanaalcodering

Men kan een onderscheid maken tussen vermogensbeperkte en bandbreedtebeperkte kanalen; deze laatste worden hier beschouwd. Belangrijke praktische voorbeelden van zulke kanalen zijn het telefoonkanaal en het magnetische opnamekanaal.

Aangezien de kanalen niet rechtstreeks een bitstroom kunnen verwerken moet die omgezet worden, door een modulator, in een geschikte golfvorm. De traditionele modulatievormen voor bandbreedtebeperkte kanalen zijn 'pulse amplitude modulation' (PAM), 'phase shift keying' (PSK) en 'quadrature amplitude modulation' (QAM). Door de kanaalcoderings- en modulatiefuncties te combineren kan een betere prestatie verkregen worden dan met de traditionele ongecodeerde modulatie. Een effectieve methode om gecombineerde coderings- en modulatiecodes te ontwerpen staat bekend als 'trellis-coded modulation' (TCM). TCM maakt gebruik van de symmetrieën van binaire convolutiecodes om de kanaalsymbolen op de trellis af te beelden. Traditioneel worden de kanaalsymbolen geselecteerd uit de PAM, PSK of QAM signaalconstellaties die ook gebruikt worden voor ongecodeerde modulatie.

In Deel II van dit proefschrift wordt een gecomputeriseerde zoekprocedure geïmplementeerd om de convolutiecode, de afbeelding en de signaalconstellatie in een TCM-schema gezamelijk te optimaliseren. Als resultaat daarvan zijn TCM-schema's gevonden met een betere prestatie dan de traditionele TCM-schema's. De prestatieverbeteringen t.o.v. de traditionele schema's worden verkregen zonder de signaalconstellatie uit te breiden en zonder de complexiteit van de TCM-schema's te vergroten.

* * *

ANALYSIS OF TRANSIENT ELECTROMAGNETIC FIELDS IN AN ELECTRICAL UTILITY SUBSTATION ENVIRONMENT

B. J. Kooij
5 april 1994
promotor: prof. dr. ir. P.M. van den Berg

Het onderzoek dat in dit proefschrift wordt gepresenteerd beschrijft een nieuwe efficiënte methode om het transiënte elektromagnetische veld ten gevolge van een bewegende gepulste stroom langs een rechte dunne draad boven een (on)geleidende aarde te berekenen. Tevens wordt de inkoppeling van dit elektromagnetische veld op een transmissielijn bestaande uit twee draden beschreven. Dergelijke elektromagnetische velden en inkoppelingsverschijnselen zijn van belang in de analyse van elektromagnetische stoorvelden in de omgeving van hoogspanningsonderstations.

Hoofdstuk 2 bevat enkele algemene beschouwingen met betrekking tot vergelijkingen van Maxwell. Om de afgeleide naar de tijd te elimineren, wordt gebruik gemaakt van de eenzijdige Laplace-transformatie met betrekking tot de tijd. Deze integraaltransformatie waarborgt in het getransformeerde domein de causaliteit. Voor een latere toepassing in hoofdstuk 8 wordt extra aandacht besteed aan de reciprociteitsrelaties met betrekking tot de elektromagnetische velden in het Laplace-getransformeerde domein en het tijddomein.

In hoofdstuk 3 worden de elektromagnetische veldvergelijkingen aangepast aan de eigenschappen van gelaagde stuksgewijs homogene media, waarvan de configuratie bestaande uit twee media een bijzonder geval is. Door de ruimtelijke invariantie in de horizontale richtingen van de configuratie is het

voordelig gebruik te maken van de Fourier-transformatie met betrekking tot deze horizontale coördinaten. Voor de uit vier elementen bestaande toestandsvector, die geconstrueerd is uit de horizontale componenten van de getransformeerde elektrische en magnetische veldgrootheden, resulteert nu een stelsel van eerste orde gekoppelde differentiaalvergelijkingen met betrekking tot de verticale coördinaat die loodrecht op de grensvlakken staat.
Ten gevolge van een diagonalisatie van het stelsel gekoppelde differentiaalvergelijkingen vinden we een ontkoppeld stelsel, waarvan de oplossingen geassocieerd kunnen worden met elementaire op- en neergaande golven. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een verstrooiingsformalisme dat de koppeling van deze elementaire golven aan de bron en het grensvlak beschrijft.
In hoofdstuk 4 wordt het elektromagnetische veldprobleem van de bewegende gepulste elektrische stroom langs een eindige dunne rechte draad in een onbegrensd homogeen medium onderzocht. Binnen de context van het vorige hoofdstuk wordt de relatie tussen het stroomelement van de bron en de elektromagnetische toestandsvector in het ruimte-tijddomein opgesteld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de rotatie-invariantie van het assenstelsel. De algemene vorm van de elementen van de elektromagnetische toestandsvector voor de totale bron laat een achtereenvolgende toepassing toe van de methode van Cagniard-de Hoop met betrekking tot de twee getransformeerde ruimtevariabelen. We verkrijgen hiermee een exact resultaat in de vorm van een integraal, die voor alle elementen van de toestandsvector langs analytische weg opgelost kan worden. Voor een snelheid van de bewegende gepulste elektrische stroom, groter dan de propagatiesnelheid van het golfveld, treedt er een pool op in het vlak van een van de getransformeerde ruimtevariabelen. De bijdrage van deze pool vertegenwoordigt de Cerenkovstraling. De elektromagnetische veldoplossing in dit hoofdstuk dient als het invallende of directe veld in de configuratie bestaande uit twee verschillende media. Het hoofdstuk wordt afgesloten met enige numerieke resultaten.
Hoofdstuk 5 is een analyse van het elektromagnetische veld ten gevolge van dezelfde bron als in de vorige hoofdstukken, maar nu echter geplaatst in een verliesvrije configuratie bestaande uit twee media. Voor een willekeurig georiënteerde elektrische stroom is dit probleem in essentie gecompliceerder dan dat van hoofdstuk 4. De oorzaak hiervan is dat aleen een rotatie van het assenstelsel rond de normaal op het scheidingsvlak ussen de beide media is toegestaan om het probleem te vereenvoudigen. Vervolgens worden de beide getransformeerde ruimtevariabelen uitgedrukt in een complexe variabele en een hoekvariabele. In het vlak van de nieuwe complexe variabele wordt achtereenvolgens de methode van Cagniard-de Hoop toegepast. Speciale aandacht wordt hier vereist, aangezien complexe en reële polen kunnen worden tegengekomen als het pad van integratie wordt getransformeerd. Aangetoond wordt dat de bijdrage van de tegengekomen complexe polen elkaar opheffen. Echter, de bijdrage van de tegengekomen reële polen doen dat soms niet. In het geval van een grote laterale afstand van bron naar ontvanger, wordt vervolgens met de methode van de stationaire fase een asymptotische benadering afgeleid. Met een aantal numerieke resultaten wordt het hoofdstuk afgesloten.
In hoofdstuk 6 wordt een exacte ruimte-tijdoplossing afgeleid voor een pulsvormige puntbron, die geplaatst is boven een niet perfect geleidende halfruimte. De methode is gebaseerd op de methode van Cagniard-de Hoop. De reflectiecoëfficiënt, die in de uitdrukkingen van het elektromagnetische veld voorkomen, hangt van de Laplace-variabele s af. Representatie van de reflectiecoëfficiënt in de vorm van een tweedimensionale
Laplace-transformatie-integraal laat de toepassing van de methode van Cagniard-de Hoop toe. De structuur van deze transformatie toont een zekere spiegelbronrepresentatie. In deze representatie is de evaluatie van een Cagniard-contour met betrekking tot twee media nodig. Deze evaluatie wordt uitgevoerd door de verkregen vierdegraadsvergelijking op te lossen met behulp van Cardano's formule. Vervolgens leiden we gebaseerd op het Tauber-theorema twee benaderde uitdrukkingen voor de reflectiecoëfficiënt af, door ze te ontwikkelen in een Taylor-reeks rond $s \rightarrow \infty$ (vroege-tijdbenadering) en $s \rightarrow 0$ (late-tijdbenadering). Het hoofdstuk wordt besloten met numerieke resultaten, waarin het benaderingsresultaat wordt vergeleken met de exacte oplossing. Het blijkt uiteindelijk dat voor praktische waarden voor de geleiding van de aarde (100 mS/m - 10 S/m) en stijgtijd van de exciterende stroom, de late-tijdbenadering van de reflectiecoëfficiënt uitstekende resultaten oplevert.
In hoofdstuk 7 wordt de late-tijdbenadering van de reflectiecoëfficiënt gebruikt in de uitdrukkingen van de bewegende gepulste stroom van hoofdstuk 5 en worden numerieke resultaten getoond van het elektrische veld voor verschillende waarden van de geleiding.
In hoofdstuk 8 wordt de gevoeligheid van een willekeurig N-poortsysteem in zijn algemeenheid bestudeerd door toepassing van het reciprociteitstheorema van Lorentz. Het gevonden resultaat wordt toegepast op de twee-draadstransmissielijn, hetgeen leidt tot een equivalente netwerkrepresentatie van het Thévenin-, Norton- of kettingmatrix-type. Deze netwerkrepresentaties hebben tot doel de geïnduceerde stromen en spanningen ten gevolge van het invallende elektromagnetische veld aan de uiteinden van de transmissielijn te bepalen. De analyse wordt uitgevoerd in het Laplace-domein. Het uiteindelijke resultaat in het tijddomein wordt, voor zowel de verliezende als de verliesvrije transmissielijn met karakteristieke afsluiting, door inspectie gevonden. Het hoofdstuk wordt besloten met numerieke resultaten van de geïnduceerde spanning op de transmissielijn.
In het laatste hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies met betrekking tot dit proefschrift getrokken. In het bijzonder wordt gesteld dat de geïnduceerde spanningen aan de uiteinden van de transmissielijn afhangen van een ingewikkeld samenspel van elektromagnetische interferenties; een grondige analyse is vereist.

* * *

SMART CAPACITIVE SENSORS

G.W. de Jong
12 april 1994
Promotor: prof. dr. ir. J. Davidse

Hoofdstuk 1 geeft een korte inleiding op het gebied van de pientere capacitieve sensoren. Ondanks het feit dat capacitieve sensoren al heel oud zijn, is er tegenwoordig een hernieuwde interesse voor het gebruik van capacitieve sensoren omdat de huidige beschikbaarheid van goedkope micro-elektronica, de bruikbaarheid, mogelijkheden en prestaties van de capacitieve sensoren sterk verhoogt.
Met capacitieve sensoren zijn, op directe- of indirecte wijze, veel verschillende grootheden te meten.
Pientere capacitive sensoren beschikken over een multiple elektrodenstructuur. De capaciteitswaarden tussen deze elektroden verschaffen veel bruikbare informatie waaruit de te meten fysische grootheid terug gewonnen kan worden door de elektronische signaalverwerking, waarbij de invloed van foutbronnen wordt onderdrukt. Dit leidt tot een hoge nauwkeurigheid terwijl aan het mechanische deel geen hoge eisen hoeven te worden gesteld, hetgeen kosten besparend werkt.
De capacitieve sensoren hebben veel voordelen ten opzichte van niet-capacitieve sensoren, zoals een eenvoudige en goedkope mechanische constructie en de afwezigheid van sleepcontacten en daardoor weinig wrijving en slijtage.

Hoofdstuk 2 behandelt de fysische aspecten van capacitieve sensor-elementen. Allereerst worden de begrippen 'capacitieve sensor', 'pientere capacitieve sensor' en 'capaciteit' gedefiniëerd.
Vervolgens worden met behulp van de vergelijking van Laplace analytische capaciteitsberekingen uitgevoerd voor verschillende elektrodenstructuren die veel voorkomen in capacitieve sensorelementen: Met behulp van de vergelijking van Laplace in rechthoekscoördinaten worden de capaciteiten in rechthoekige twee- en drielaagselektrodenstructuren berekend. Op basis van deze berekeningen is een optimale dimensionering van het capcitieve sensorelement mogelijk. Met behulp van de vergelijking van Laplace in cylindrische coördinaten wordt de invloed van elektrodenplaatscheefstand op de capaciteitswaarde berekend. Er wordt een eenvoudige lineaire coördinaat-transformatie afgeleid waarmee de vergelijking van Laplace in cylindrische coördinaten benaderd kan worden door de vergelijking van Laplace in rechthoekscoördinaten. Dit betekent dat de capaciteiten in cylindrische en cirkulaire elektrodenstructuren bij benadering berekend kunnen worden met behulp van de vergelijking van Laplace in rechthoekscoördinaten, hetgeen eenvoudiger is.
Capacitieve sensor-elementen kunnen geclassificeerd worden naar de capaciteitsmodulerende methode. We onderscheiden ε_r, A-, d- en hybride modulatie.
Hoofdstuk 3 behandelt de geometrische aspecten van de capacitieve sensor-elementen. De beschouwingen over de relatie tussen de capaciteit en de elektroden-structuur zijn meer van signaaltechnische aard (concepten als filteren en convolutie) in vergelijking met de meer klassieke beschouwingen in hoofdstuk 2.
De Fourier getransformeerde van de capaciteit tussen twee vlakke gesegmenteerde elektrodenplaten als funktie van een evenwijdige relative elektrodenplaatverschuiving blijkt gelijk te zijn aan het produkt van de Fourier getransformeerde van het segmentatiepatroon van de ene elektrode, de Fourier getransformeerde van het segmentatiepatroon van de andere elektrode en de overdrachtsfunktie van een spatieel laagdoorlaatfilter, die de elektrische veldbuiging representeert. Een analytische uitdrukking voor deze overdrachtsfunktie wordt afgeleid. De spatiële kantelfrequentie van het filter blijkt omgekeerd evenredig te zijn met de elektrodenafstand.
De invloed van veldbuiging wordt berekend. Deze invloed blijkt exponentieel af te nemen met de afstand tot de betreffende elektroderand. Deze afstand is evenwijdig aan het elektrode-oppervlak en loodrecht op de betreffende elektrode-rand gemeten.
Vervolgens wordt de invloed van geometrische afwijkingen, zoals gaps, elektrode-plaat-scheefstand en het rafelig zijn van elektrodenranden, berekend.
Hoofdstuk 4 behandelt de ontwerpaspecten van elektrodenstructuren voor verschillende applicaties: de capacitieve lineaire positie-opnemers, de capacitieve hoekopnemers en de capacitieve vloeistofniveau-meters.
Verschillende elektrodenstructuren met de bijbehorende elektrische modellen worden gepresenteerd. Zij zijn alle gebaseerd op elektrodeoppervlakmodulatie. Voor de verschillende elektrodenstructuren zijn de bijbehorende terugwinalgoritmen, bedoeld om de te meten grootheid terug te winnen uit de gemeten capaciteitswaarden, afgeleid. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee klassen van algoritmen: De sin/cos-algoritmen en de grof/fijn-algoritmen.
Het sin/cos-algoritme is geschikt voor elektrodenstructuren waarvan de elektrodenafstand niet klein is ten opzichte van de spatiële periode x_{per}. Dit algoritme is gebaseerd op spatieel filteren.
Het grof/fijn-algoritme is geschikt voor elektrodenstructuren waarvan de elektrodenafstand wel klein is ten opzichte van de spatiële periode x_{per}. In dit algoritme worden de capaciteitswaarden van de verschillende segmenten gewogen met bepaalde coëfficiënten. Eenvoudige beschouwingen leiden tot de keuze van bepaalde gehele waarden voor deze coëfficiënten. Echter, door voor deze coëfficiënten niet-gehele waarden te kiezen die dicht bij de oorspronkelijke gehele waarden liggen, kan het deel in de niet-lineariteit dat veroorzaakt wordt door het inhomogeen zijn van het elektrische veld, in de overdracht van de te meten grootheid naar het uiteindelijke meetresultaat, met ruim een factor 3 verminderd worden. Het proces van het bepalen van de optimale niet-gehele coëfficiëntswaarden wordt 'fine tuning' genoemd.
Een zogenaamde autonome calibratiemethode is beschreven volgens de welke een capacitieve sensor gecalibreerd kan worden zonder dat gebruik hoeft te worden gemaakt van een (nauwkeurigere) referentiesensor.
Verder zijn de mate van nietlineariteit en de invloed van excentriciteit, in het geval van een hoekopnemer, berekend.
Hoofdstuk 5 behandelt de elektronische aspecten van capacitieve sensoren, met andere woorden: de elektronische signaalverwerking.
De theoretisch maximaal haalbare resolutie blijkt te worden begrensd door de kT/C-ruis.
Een meetmethode die de invloed van parasitaire capaciteiten elimineert, of op zijn minst sterk reduceert, is de zogenaamde tweepoortsmeetmethode. Deze meetmethode wordt dan ook consequent toegepast.
Vervolgens wordt een overzicht gegeven van een bepaalde klasse van elektronische capaciteitsmeetsystemen (omzetters). Daarbij kan de volgende tweedeling gemaakt worden: de asynchrone- en de synchrone omzetters.
Ten behoeve van de asynchrone omzetters worden 4 verschillende modulatiemethoden besproken. Binnen de klasse van de asynchrone omzetters worden behandeld de quasi-lineaire oscillatoren en de asynchrone stuksgewijs lineaire oscillatoren. De quasi-lineaire oscillatoren zijn in het algemeen minder storingsgevoelig dan de asynchrone stuksgewijs lineaire oscillatoren maar wel complexer.
Een voordeel van de synchrone omzetters van de eerste orde en hoger, ten opzichte van asynchrone omzetters, is het progressieve verband tussen de resolutie en de meettijd. Een nadeel is de hogere frequentie van het uitgangssignaal. Dit compliceert de transmissie en verhoogt het stroomverbruik.
Verder worden twee methoden behandeld om de snelheid (dC/dt) op directe wijze te meten. Beide methoden zijn gebaseerd op het meten van de verschuivingsstroom.
Hoofdstuk 6 bevat twee case studies: één van de capacitieve lineaire positieopnemer en één van de capacitieve hoekopnemer. Deze twee case studies zijn goede demonstraties van de ontwikkelde ontwerptheorie die beschreven is in de voorgaande hoofdstukken. De beide sensoren zijn ontworpen en gerealiseerd uitgaande van deze theorie. Aan beide sensoren zijn metingen verricht om de ontwikkelde theorie te toetsen.
De gemeten resolutie is respectievelijk 0,093 µm rms (18,4 bits, gerelateerd aan een meetbereik van 110.4 mm) en 4 arcsec rms (16,5 bits, gerelateerd aan een meetbereik van 360°). In het geval van de hoekopnemer werd de gemeten resolutie mede beperkt door de gebruikte referentie-hoekopnemer.
De gemeten absolute onnauwkeurigheid, zonder het gebruik van een calibratietabel, is respectievelijk 3,117 µm top (14,1 bits) en 60 arcsec top (13,4 bits). De belangrijkste foutenbron bleken de elektodenafstandvariaties (elektrodenoppervlak-onvlakheid en -scheefstand) te zijn. Door gebruik te maken van een calibratietabel, kan dit probleem worden opgelost. De gemeten absolute onnauwkeurigheid, met het gebruik van een calibratietabel, is respectievelijk 0,682 µm top (16,3 bits) en 9 arcsec top (16,1 bits).

De verkregen meetresultaten voor de lineaire positie- en hoekopnemer zijn erg verheugend. Daarom loont het de moeite om de nog niet in praktijk geteste zaken, zoals directe snelheidsmeting, de invloed van temperatuur en de invloed van vochtlagen en vervuiling op de elektrodeoppervlakken, in praktijk te onderzoeken.
De conclusie, zoals gegeven in hoofdstuk 7, is dat capacitieve sensoren, dank-

zij de consequente toepassing van doordachte instrumentatie-concepten (mogelijk makend het gebruik van goedkope micro-elektronica) en het gebruik van multi-elektrodenstructuren (toestaande het gebruik van een goedkope mechanische constructie), een geduchte concurrentie vormen voor alternatieve sensoren zoals inductieve-, optische-, resistieve- en galvanisch-contact sensoren. Capacitieve sensoren vullen een gat in de markt door de combinatie van lage kosten en een hoge nauwkeurigheid.

* * *

SCATTERING OF TRANSIENT DIFFUSIVE ELECTROMAGNETIC FIELDS

E.C. Slob
12 april 1994
Promotoren: prof. dr. ir. P.M. van den Berg en prof. dr. ir. J.T. Fokkema

In dit proefschrift is een numerieke methode beschreven om de verstrooiing van transiënte elektromagnetische diffusievelden aan sterk inhomogene en anisotrope objecten te berekenen. Het onderzoek is van belang bij de opsporing van minerale afzettingen, aardolie en aardgasvelden. Meer recente toepassingen zijn onderzoek naar het voorkomen van grondwater in droge gebieden en onderzoek naar verontreinigingen in de ondergrond. Hoewel hier de toepassing in de geofysische exploratie is gekozen, is de ontwikkelde theorie ook geschikt voor andere elektromagnetische verstrooiingsproblemen.
Het transiënte elektromagnetische veld wordt gegenereerd met behulp van een, meestal op de aardbodem gelegen, draadlus of spoel waarin een elektrische gelijkstroom wordt in- of uitgeschakeld. Metingen worden verricht met magnetometers of inductiespoelen; ook wordt de bron wel gebruikt als ontvanger nadat deze als bron is uitgeschakeld. De tijdschaal waarop de effecten van een verstrooiend object ten gevolge van het opgewekte veld worden gemeten, rechtvaardigt in het algemeen de verwaarlozing van de elektrische verschuivingsstroom ten opzichte van de elektrische geleidingsstroom. In dit tijdinterval kan het gedrag van het elektromagnetische veld bij benadering worden beschreven door in de vergelijkingen van Maxwell de elektrische permittiviteit weg te laten. Het resulterende benaderde veld wordt het elektromagnetische diffusieveld genoemd. In de geofysische toepassing is deze benadering voldoende nauwkeurig. Als gevolg worden de elektromagnetische eigenschappen van de materialen in de aarde gekarakteriseerd door de tensoriële elektrische soortelijke geleiding en de tensoriële magnetische permeabiliteit.
Het doel van geofysische exploraties is het verzamelen van gegevens op basis waarvan conclusies kunnen worden getrokken omtrent de samenstelling van de ondergrond. De interpretatie van gegevens moet worden uitgevoerd met computermodellen en heet invers modelleren. De geldigheid van zo'n model kan het eenvoudigst worden bestudeerd door het omgekeerde probleem te behandelen. Dit gebeurt door een bepaalde verdeling van de elektrische soortelijke geleiding en magnetische permeabiliteit in de ondergrond aan te nemen en de veldwaarnemingen te simuleren. Dit heet voorwaarts modelleren. In dit proefschrift ligt de nadruk op het voorwaarts modelleren van een eindig driedimensionaal object dat een contrast vertoont in zijn materiële eigenschappen ten opzichte van die van zijn omgeving.
Voor achtergrondmedia, die de constructie van de zogenaamde Greense toestanden toelaten, kan het effect van een verstrooiend object met behulp van geschikte integraalvergelijkingen over het gebied van de verstrooier worden beschreven. Dit gebeurt door het verstrooiende object als contrastbron te beschouwen. In dit proefschrift is een stelsel gekoppelde domein-integraalvergelijkingen afgeleid met behulp van de globale vorm van de reciprociteitsrelatie van het tijdconvolutie-type. Dit resulteert in een zogenaamde zwakke vorm van de domein-integraalvergelijkingen. De zwakke formulering biedt het voordeel dat het hypersinguliere gedrag van de Greense toestanden wordt verzwakt, zodat direkt een numerieke discretisatie kan worden toegepast. De keuzes, die moeten worden gemaakt bij het discretiseren van de integraalvergelijkingen en de hierin voorkomende grootheden, volgen op voor de hand liggende wijze uit de gekozen formulering. Een reden om te kiezen voor een integraalvergelijkingsmethode om het verstrooiingsprobleem op te lossen ligt in het beperkt houden van het rekengebied tot het gebied van de verstrooier. Als tweede reden geldt dat de formulering van het voorwaartse model door middel van integraalvergelijkingen bij uitstek geschikt is om te worden geherformuleerd tot een invers model.
De eerste stap in de oplosmethode is de transformatie van Laplace uit te voeren naar de tijdcoördinaat met een reële en positieve transformatieparameter. In dit getransformeerde domein zijn de integraalvergelijkingen afgeleid. Dit biedt het voordeel dat de verkregen integraalvergelijkingen voor iedere waarde van de transformatieparameter afzonderlijk kunnen worden opgelost, dit in tegenstelling tot een tijddomeinformulering waar alle voorafgaande tijdstippen een bijdrage leveren aan de totale oplossing. Omdat de transformatieparameter reëelwaardig en voldoende groot positief is gekozen ontstaat het bijkomende voordeel dat de voorkomende functies analytisch zijn en dat het rekenwerk met reële getallen kan worden uitgevoerd. De verkregen domein-integraalvergelijkingen worden gediscretiseerd, waarvoor wij het driedimensionale rechthoekige blok en de tetraeder als elementaire gebieden gebruiken. Iedere voorkomende grootheid wordt in het inwendige van een elementair gebied en op zijn rand benaderd met behulp van lineaire functies. Dit leidt tot een lokale beschrijving van de grootheden in ieder elementair gebied als de gewogen som van de waarden van die grootheden, in termen van lokale ontwikkelcoëfficiënten, op de hoekpunten van het elementaire gebied. Door de elementaire gebieden aan elkaar te verbinden kunnen de lokale ontwikkelcoëfficiënten met behulp van de randvoorwaarden, die gelden op grensvlakken, worden vervangen door een kleiner aantal globale ontwikkelcoëfficiënten. In dit proefschrift is een methode beschreven die het aantal onbekende coëfficiënten reduceert tot drie per vectoriële grootheid per discreet punt. In deze methode worden de tangentiële veldcomponenten door een grensvlak continu gehouden, terwijl aan de equivalente sprongcondities voor de normale veldcomponenten in benaderde zin wordt voldaan. In een aantal situaties is deze benadering exact. Implementatie van deze discretisatieprocedure in de integraalvergelijkingen leidt tot een lineair stelsel algebraïsche vergelijkingen in de globale onbekende ontwikkelcoëfficiënten. Dit stelsel wordt efficiënt opgelost met behulp van een iteratieve methode die in de literatuur bekend is als de geconjugeerde gradiëntenmethode.

De veldgrootheden in het verstrooiende object worden voor een aantal waarden van de transformatieparameter uitgerekend. Met behulp van deze waarden kunnen de verstrooide velden buiten de verstrooier uitgerekend worden op willekeurige posities in het achtergrondmedium. Om de resultaten terug te transformeren naar het tijddomein, is in dit proefschrift een nieuwe methode ontwikkeld. Deze maakt gebruik van de formele oplossing van het verstrooingsprobleem gegeven door een iteratieve methode, die naar de exacte oplossing convergeert voor iedere waarde van de transformatieparameter. De formele oplossing wordt benaderd aan de hand van de analytische oplossing van de responsie van een puntverstrooier. Dit resulteert in een rij ontwikkelfuncties in het getransformeerde domein met ontwikkelcoëfficiënten, die niet van de transformatieparameter afhangen. Het is een goede benadering voor kleine waarden van de transformatieparameter, hetgeen overeenkomt met een late-tijdbenadering. Dit is een adekwate benadering voor het diffusieveld. De met de ontwikkelfuncties in het getransformeerde domein overeenkomende tijddomeinfuncties worden analytisch bepaald. Derhalve zijn de transiënte

verstrooide velden bekend als de ontwikkelcoëfficiënten in het getransformeerde domein zijn bepaald.
De waarden van de ontwikkelcoëfficiënten worden gevonden met behulp van een direkte minimalisering van de kwadratische fout over het gebruikte interval van de transformatieparameter. De methode is getest aan de hand van een analytisch resultaat voor de puntverstrooier. Voor een oneindig uitgebreid homogeen achtergrondmedium is een rekenprogramma ontwikkeld. Dit is gedaan met zowel blokvormige als tetraedrale elementaire gebieden. Verschillende numerieke testen zijn uitgevoerd om de behaalde nauwkeurigheid te controleren, waaronder het stuksgewijs verfijnen van de discretisatie en een verifikatie van reciprociteit. Het testen van reciprociteit blijkt een goede indikatie te geven van de bereikte numerieke nauwkeurigheid. Voor één configuratie zijn de resultaten verkregen met blokvormige deelgebieden vergeleken met die verkregen met tetraedrale deelgebieden. Voor voldoend kleine elementaire gebiedjes komen de resultaten goed met elkaar overeen. Indien wij de huidige resultaten vergelijken met de benaderde oplossing voor de responsie van een bolvormige geleider in een achtergrondmedium met een kleine soortelijke geleiding, zien wij een correct late-tijd gedrag; dit geldt niet voor de in de literatuur beschreven resultaten.

* * *

RESEARCH ON DOLPHIN SOUNDS

C. Kamminga
21 april 1994
Promotor: prof. dr. ir. E. Backer

Dit proefschrift bevat een aantal artikelen over de registratie, analyse, modelvorming, identificatie en interpretatie van dolfijnsonarsignalen, geschreven in de periode 1979 tot heden. Hoofdstuk 1 geeft een beeld van de huidige stand van zaken op het gebied van analyse van echolocatie-signalen, in het bijzonder van een tweetal nauwelijks beschreven rivierdolfijnen in Zuid-Amerika. Hoofdstuk 2 bevat resultaten van een elementair zintuigfysiologisch detectie-experiment, waarin een dolfijn door middel van zijn sonarsignaal een keuze diende te maken uit twee uiterlijk identieke, doch inwendig verschillende metalen bollen. De vraagstelling die hieruit naar voren kwam, o.a. door discussie met de bioloog Dr. W.H. Dudok van Heel, nauw betrokken bij de opzet van bovengenoemd experiment, had betrekking op de signaalanalytische achtergrond. Hoe ziet de "structuur" van het door de dolfijn gebruikte signaal eruit? Mogelijk toont het sonarsignaal in een zorgvuldig opgezet echolocatie-experiment verschillen ten opzichte van het signaal dat in "open water" wordt gebruikt. Het heeft tot 1986 geduurd voordat de auteur deze, overigens niet onlogische vraag, ontkennend kon beantwoorden aan de hand van sonarregistraties van een dolfijn voor de kust van Bretagne (Hoofdstuk 12).
Uit de toegankelijke literatuur op het gebied van akoestisch dolfijnonderzoek - waarvan veel zich afspeelde in aan "marine" gerelateerde instituten - bleek steeds dat voor het sonarsignaal veelal een kwalitatieve beschrijving werd gegeven en slechts een enkele poging werd gedaan tot een meer mathematische-fysische aanpak. In diverse hoofdstukken wordt aangegeven dat modelvorming van het echolocatie-signaal, op basis van de alom tegenwoordige eigenschap dat voor dit specifieke signaal het produkt van tijdsduur en frequentiebreedte de theoretische ondergrens nadert, het elementaire signaal van Gabor oplevert. Dit zogenaamde Gabor-model is niet alleen geldig voor de bekende tuimelaar Tursiops truncatus, doch heeft ook een getoetste geldigheid voor een aantal van 21 andere dolfijnsignalen. Van deze signalen is een achttal eerste beschrijvingen in deze bundeling opgenomen. De beschikbaarheid van een model maakt aldus een kwantitatieve beschrijving mogelijk van verschillende soorten dolfijnsignalen en mogelijke invloeden van leefomgeving en evolutie toegankelijk. Zo wordt bijvoorbeeld getracht het verschijnsel "stranding" meer signaalanalytisch te benaderen (Hoofdstuk 11). Nauw verwant hiermee is de vraag of in de taxonomische beschrijving van dolfijnen een akoestische parameter opgenomen zou kunnen worden, een optie waar de bioloog tot nu toe niet bij heeft stilgestaan. Hiertoe zou eigenlijk de bestaande catalogus van dolfijnsignalen aangevuld dienen te worden met die van oceanische, c.q. diepwater dolfijnen.
De gepresenteerde collectie artikelen eindigt met een tweetal hoofdstukken, waarin wordt gerapporteerd over sonarontwikkeling bij een babydolfijn in de eerste vier maanden en over de presentatie van een onzekerheidsrelatie voor informatieinhoud van het echolocatie-signaal in het tijd- respectievelijk frequentiedomein. Deze onzekerheidsrelatie geeft antwoord op de vraag vanuit de zintuigfysiologie of er een voorkeur voor het tijddomein of het frequentiedomein bij de dolfijn bestaat.

* * *

SURFACE MICROMACHINED CAPACITIVE TACTILE IMAGE SENSOR

M. R. Wolffenbuttel
25 april 1994
Promotoren: prof. dr. ir. S. Middelhoek en prof. dr. ir. P.P.L. Regtien

Een tactiele beeldvormende sensor wordt veelal in een meetsysteem gebruikt om de vorm of de structuur van een voorwerp te bepalen door middel van aanraking. De sensor is daartoe voorzien van een druk-gevoelig oppervlak waarmee de verdeling van kleine mechanische aanraak-krachten gemeten kan worden. Hierbij vindt tastwaarneming plaats door middel van een matrix met krachtgevoelige cellen, die in rijen en kolommen zijn gerangschikt. Een sensor element kan bijvoorbeeld bestaan uit twee elektrisch geleidende strookjes die deel uitmaken van een in een rij-kolom georiënteerde matrix van kruisende geleiders. Een capaciteit wordt gevormd bij iedere rij-kolom kruising. Een praktische toepassing voor de verkregen tactiele data is het afbeelden van de positie van een voorwerp op het moment dat dit voorwerp wordt aangeraakt. Extra programmatuur voor patroonherkenning kan daarnaast worden gebruikt om gedetailleerder te kijken naar specifieke voorwerpen. Binnen het project, dat in dit proefschrift wordt gepresenteerd, zijn enkele belangrijke problemen van conventionele tactiele beeldvormende sensoren opgelost door gebruik te maken van een oppervlakte micro-fabricage proces. Vrijstaande kracht-gevoelige structuren met bipolaire uitleescircuits zijn gerealiseerd op één silicium chip. De sensor bezit uitstekende mechanische eigenschappen. De mogelijkheid om de noodzakelijke uitlees-elektronica in de nabijheid van een sensor element te plaatsen maakt een minimalisatie van de sensor afmeting mogelijk.

Hoofdstuk 1

De algemene eisen voor een tactiele beeldvormende sensor worden genoemd. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de verschillende transductie principes voor toepassing in een tactiele beeldvormende sensor, alsmede de technieken om deze te kunnen fabriceren. Vroeger waren de sensoren gebaseerd op rubbers. Helaas bleken deze sensoren ernstig beperkt in hun mechanische en elektrische mogelijkheden. Daartegenover staan silicium etstechnieken en het vervaardigen van geïntegreerde schakelingen in silicium, waardoor silicium sensoren met een betere prestatie gerealiseerd kunnen worden. Vervolgens worden de verschillende microfabricage-technologieën bestudeerd. Getoond wordt hoe kleine silicium struktuurtjes voor sensor toepassingen ge-

realiseerd zijn. Een oppervlakte-etstechniek voor het realiseren van struktuurtjes met dimensies in het micrometer bereik is geselecteerd om een nieuwe tactiele beeldvormende sensor te fabriceren. Een belangrijke motivatie voor deze keuze is dat het nu mogelijk geworden is om het fabricage proces in z'n geheel aan één zijde van een wafer uit te voeren. Hierdoor wordt vermeden dat gaten dwars door het substraat van de sensor zouden moeten worden geëtst, waardoor de samenhang (en dus de sterkte) van dit ondersteunend vlak aangetast zou worden. Tot slot wordt in hoofdstuk 1 de globale werking van de voorgestelde capacitieve tactiele beeldvormende sensor besproken.

Hoofdstuk 2

De mechanische werking van de sensor wordt besproken. De sensor wordt eerst theoretisch gekarakteriseerd, waarbij parameters, zoals maximum kracht, krachtresolutie, krachtgevoeligheid en het dynamisch gedrag van de sensor berekend worden. Daarna volgt een beschrijving van een fabricage module voor integratie van bipolaire transistoren om het sensor signaal te kunnen uitlezen. Vervolgens wordt de realisatie van de voorgestelde sensor struktuur in een oppervlakte-ets module besproken. Experimentele resultaten met praktische ontwerpen worden gepresenteerd, en, onder andere, de depositie- en ets-snelheden voor de geselecteerde oppervlakte etstechniek worden gespecificeerd. De sensor wordt ook mechanisch en elektrisch gekarakteriseerd, waarbij de overeenkomsten tussen meetresultaten en theorie getoetst is. Tot slot wordt de mogelijke combinatie van de oppervlakte-etstechniek en de bipolaire technologie tot één fabricage proces besproken. Veel moeite is gedaan om de compatibiliteit tussen deze twee processen te waarborgen, waardoor deze aaneengeschakeld kunnen worden zonder dat dit ten koste zal gaan van de prestatie die verkregen was bij ieder proces afzonderlijk. Als karakteristiek voorbeeld kan worden vermeld dat hoge-temperatuurstappen voor langere tijd vermeden moeten worden om een werkende bipolaire transistor te garanderen.

Hoofdstuk 3

De verschillende mogelijkheden voor het uitlezen van een sensor-capaciteit worden beschreven. De sensor die in deze dissertatie wordt gepresenteerd bezit een rij van geïntegreerde ladingsversterkers, die speciaal ontworpen zijn om zo klein mogelijk te blijven zonder dat dit ten koste zal gaan van hun prestatie. Experimenten hebben in eerste aanzet een niet-lineariteit in de sensorresponsie aan het licht gebracht, welke het gevolg is van een geringe common-mode rejectie. Dit verschijnsel is bevestigd door theoretische berekeningen. Door deze berekeningen bleek het mogelijk, om het uitleescircuit te optimaliseren voor een minimale niet-lineariteit. Overige signaalkonditioneringscircuits worden beschreven in hoofdstuk 3 voor de verdere verwerking van het tactiele sensor signaal. Het doel was om het sensor signaal, dat wil zeggen de capacitieve variaties in de mechanische struktuur, geschikt te maken voor verwerking door een digitaal systeem. Een filter, een mixer en een Analoog-naar-Digitaal omzetter gebaseerd op het dual-slope omzettingsprincicpe zijn voor dit doel ontwikkeld. Het komplete uitleescircuit is getest en het is gebleken dat deze benadering daadwerkelijk werkt.

* * *

NON-LINEAR A/D CONVERTERS FOR INTEGRATED SILICON SMART SENSORS

K. E. M. Mahmoud
26 april 1994
Promotoren: prof. dr. ir. S. Middelhoek en prof. dr. ir. J.H. Huijsing

Veel sensoren hebben een groot dynamisch bereik gecombineerd met een beperkte nauwkeurigheid. Een analoog naar digitaal omzetter (ADC) met een hoog oplossend vermogen is voor deze sensoren niet effectief. Ze verhogen de kosten van het sensor systeem zonder dat wordt geprofiteerd van het hoge oplossende vermogen, de nauwkeurigheid van de sensor zelf is immers de beperkende factor. Niet-lineaire ADC's, voor het omzetten van het sensor signaal naar een digitaal signaal, zijn voor deze sensoren veel beter geschikt. Het doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een niet-lineaire ADC met een groot dynamisch bereik (ongeveer 10^{15}) en een oplossend vermogen van 8 bits. Verder worden verschillende proces-invloeden op de DC karakteristieken van bipolaire transistors onderzocht. Er is gekeken naar invloed van "post-processing annealing", de dikte van de epi-laag en de doterings concentraties.

Hoofdstuk 1

In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe belangrijk sensoren zijn in ons leven en de voordelen van geïntegreerde "smart" sensors worden besproken. De voordelen van silicium als sensor materiaal worden besproken. Het dynamisch bereik en het oplossend vermogen van "floating-point" ADCs, een speciaal soort niet-lineaire ADCs, wordt geformuleerd. Het hoofdstuk eindigt met een korte inleiding over het compatibiliteitsprobleem tussen sensoren en standaard bipolaire technologie.

Hoofdstuk 2

Er wordt een overzicht gegeven van bekende technieken die in niet-lineaire ADC's worden gebruikt. Deze technieken worden gegroepeerd in vier categorieën. De eerste groep maakt gebruik van de exponentiele relatie tussen de collectorstroom en de basis-emittor spanning in een bipolaire transistor. De tweede groep gebruikt de spanning-tijd relatie van het op- of ontladen van een capaciteit. De derde groep maakt gebruik van componenten met verschillende afmetingen. De vierde groep tenslotte bevat ROM's waarin de niet-lineaire overdracht van de ADC is opgeslagen. De basistheorie en de beperkingen van ieder van deze groepen wordt kort besproken.

Hoofdstuk 3

In dit hoofdstuk worden de specificaties en fouten van de "floating-point" ADC's en DAC's (Digitaal naar Analoog omzetters) op een rijtje gezet. De meeste eigenschappen blijken hetzelfde als de eigenschappen van lineaire omzetters.

Hoofstuk 4

De realisatie van de verschillende onderdelen van niet-lineaire omzetters wordt beschreven. De "Successive Approximation" techniek is gekozen om de "floating-point" ADC in te realiseren. DAC's vormen de bouwstenen van een ADC in deze techniek. Verschillende methoden om "floating point" ADC's te realiseren worden gepresenteerd. Deze ADCs zijn gebaseerd op stroomspiegels die gerealiseerd worden m.b.v. geschaalde emitters van bipolaire transistoren. Om de "successive approximation" functie te realiseren wordt gebruik gemaakt van EFL technieken met een niet-lineaire belasing.

Hoofdstuk 5

Voor veel sensoren is het noodzakelijk het standaard IC proces iets te veranderen. De drie belangrijkste proces parameters die aangepast moeten worden zijn: "post-processing annealing", epi-laag doping concentratie en epi-laag dikte. De DC eigenschappen van de npn en laterale pnp transistors worden gegeven als functie van deze drie parameters.

Hoofdstuk 6

De gemeten DC transistor karakteristieken worden voor diverse waarden van de technologieparameters vergeleken mat de simulatie resultaten. De functionaliteit van de verschillende onderdelen van de "floating-point" ADC's

wordt gecontroleerd. Een oplossend vermogen van 8 bit en een dynamisch bereik van 13 bit blijkt mogelijk bij gebruik van een standaard bipolair proces. De oppervlakte van de ADC (3.4 x 4.8 mm^2) is vergelijkbaar met die van commercieel verkrijgbare produkten.

Hoofdstuk 7

Dit laatste hoofdstuk geeft de conclusies van het beschreven onderzoek en tevens worden suggesties aangedragen voor verder onderzoek.

* * *

A PARTITION METHOD FOR THE DETERMINATION OF MULTIPLE DC OPERATING POINTS

L.A. Sarmiento Reyes
2 mei 1994
Promotor: Prof. dr. ir. J. Davidse

Dit proefschrift behandelt het bepalen van de bovengrens van het aantal DC-oplossingen en de daarbij behorende oplossingen met behulp van een topologische beschrijving. Hierbij is een methode ontwikkeld die bruikbaar is voor een grote klasse van transistor schakelingen.

In Hoofdstuk 1 wordt het fenomeen van meervoudige DC-oplossingen van electronische schakelingen belicht. Er wordt een overzicht gegeven van de uitgangspunten van bekende methoden om dit probleem op te lossen. In bijna al deze methoden wordt uitgegaan van een mathematische beschrijving van het circuit waarna getracht wordt uit de gegenereerde vergelijkingen voor het instelpunt de oplossing te vinden. Bij het opstellen van de mathematische vergelijkingen gaat echter waardevolle informatie van de kenmerken van het circuit verloren. In het bijzonder geldt dit voor de informatie die voortkomt uit de topologie van het netwerk. Een methode die wel van deze informatie gebruikt maakt kan wellicht bruikbaarder zijn om het probleem van meervoudige DC-instelpunten op te lossen. Verder wordt in Hoofdstuk 1 nog een overzicht gegeven van de gebruikelijke opzet van circuit simulatie programma's.

Hoofdstuk 2 behandelt enige grondbeginselen van graphen-theorie en topologie van netwerken zoals die in circuit-analyse worden toegepast. Tevens geeft het een overzicht van de meest gebruikelijke netwerk-analyse methoden.

In Hoofdstuk 3 worden met behulp van de gemodificeerde knooppunts-analyse de DC instellings-vergelijkingen opgesteld. De hier ontstane niet-lineaire algebraïsche vergelijkingen worden meestal met behulp van het Newton-Raphson algorithme opgelost. Naast de beschrijving van de opzet van de knooppunt-analyse wordt ook een hieraan equivalente gelineariseerde weerstandsbeschrijving gegeven. Tenslotte wordt er een overzicht gegeven van enkele methoden die in voorkomende gevallen in staat zijn meer dan één oplossing te vinden. Hun kenmerken worden in het kort beschreven. De noodzakelijkheid om ook een topologische benadering te gebruiken om tegemoet te komen aan de tekortkomingen van deze methoden zal hier duidelijk aan het licht komen.

Met gebruikmaking van de topologische informatie wordt in Hoofdstuk 4 de manier om meervoudige oplossingen te vinden geformuleerd. Hiertoe wordt een model gehanteerd dat in staat is om het lineaire gedeelte van het netwerk te scheiden van het niet-lineaire gedeelte van het netwerk. Het resultaat is een kanonieke representatie die bestaat uit een 2q-poort. Hierin is q het aantal transistoren. Deze poort bestaat alleen uit het lineaire gedeelte van het netwerk dat opgebouwd is uit alle lineaire, positieve weerstanden en onafhankelijke bronnen. Het gevolg van deze opzet is dat het netwerkmodel kan worden beschreven met behulp van twee matrices. Hiervan is één matrix opgebouwd uit het lineaire deel van het netwerk en de tweede matrix is gerelateerd aan de transistoren. Met deze twee matrices wordt één 'juxtaposed' set matrices samengesteld en de topologische informatie, die in elk van de matrices opgesloten ligt, wordt bepaald.

De karakteristieke gegevens van beide matrices worden in Hoofdstuk 5 verder geanalyseerd en het eerste belangrijke resultaat wordt hier bereikt. Dit resultaat bestaat uit een verdelingsprocedure van het netwerk om sub-netwerken te verkrijgen. Deze sub-netwerken worden daarna onderzocht op het bestaan van terugkoppellussen. In dit hoofdstuk wordt het probleem van de DC-analyse geheel benaderd als de oplossing van de volgende onderdelen: ten eerste het bepalen van de eenduidigheid van de DC-instelling en ten tweede het bepalen van de bovengrens van het aantal DC-oplossingen en ten derde het vinden van deze oplossingen. Twee belangrijke resultaten zijn behaald voor de eerste twee onderdelen: de eenduidigheid wordt getest door het onderzoek of een element van de vergelijkingen-set een negatieve waarde heeft en de bovengrens van de DC-oplossingen wordt bepaald uit de terugkoppellussen die het circuit bevatten. In de laatste stap wordt een beperkte zoekprocedure opgezet om ook het derde onderdeel op te lossen.

Hoofdstuk 6 beschrijft de uitwerking van deze methode aan de hand van een aantal voorbeelden. Hieronder zijn een aantal typische bench-marks welke door meerdere auteurs zijn gebruikt.

Tenslotte worden in Hoofdstuk 7 conclusies getrokken en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek gegeven.

* * *

RADIOFREQUENCY HYPERTHERMIA SYSTEMS

G.C. van Rhoon
3 mei 1994
Promotoren: dr. ir. P.M. van den Berg en prof. dr. H.S. Reinhold

Hyperthermie, een verhoging van de lokale weefsel temperatuur met 3 à 8 °C, heeft een celdodend effect. De combinatie van hyperthermie met radiotherapie of chemotherapie lijkt ideaal. Cellen in onvoldoende geperfundeerde gebieden van de tumor zijn relatief ongevoelig voor radiotherapie of chemotherapie, terwijl hyperthermie juist deze celpopulatie uitschakelt. De grootte van het celdodend effect van hyperthermie is afhankelijk van de hoogte van de temperatuur en de duur van de behandeling. De balans van de hoeveelheid geabsorbeerde energie en de hoeveelheid energie afgevoerd door het langsstromende bloed bepaalt de temperatuurstijging van het weefsel. De duur van de behandeling wordt bepaald door de mate waarin de patiënt de behandeling kan verdragen. Ondanks het feit dat vanaf het begin van de hyperthermiebehandeling zeer veel tijd is besteed aan de ontwikkeling van verwarmingsapparatuur, blijft de temperatuurstijging in het weefsel nog in belangrijke mate onvoorspelbaar als gevolg van de wisselende doorbloeding van het weefsel. Het toedienen van een goede hyperthermiebehandeling is dan ook niet eenvoudig. De hoeveelheid geabsorbeerde energie en de tolerantie van de hyperthermiebehandeling hangen af van de gebruikte hyperthermie-apparatuur. In het algemeen geldt dat de behandeling met hyperthermie-apparatuur waarmee een groot volume verwarmd wordt, minder goed verdragen wordt dan met hyperthermie-apparatuur waarmee een klein volume verwarmd wordt. De drie elektromagnetische hyperthermiesystemen (werkend in het frequentiegebied van 10 tot 100 MHz) die in dit proefschrift besproken worden, vertegenwoordigen verschillende methoden die zijn voorgesteld om een maximale thermische dosis aan een tumorvolume toe te dienen.

Hoofdstuk 1 geeft een korte toelichting op de biologische basis van hyperthermie en een samenvatting van de diverse klinische studies naar de waarde van hyperthermie. De resultaten van zowel niet-gerandomiseerde als

gerandomiseerde studies lijken de experimentele resultaten te bevestigen: door toevoeging van hyperthermie aan radiotherapie kunnen de resultaten van lokale behandeling van tumoren aanzienlijk verbeterd worden. Uit deze studies is tevens gebleken dat de kwaliteit van de hyperthermie-behandeling een belangrijke factor is voor het eindresultaat. Voor het bereiken van een optimaal klinisch resultaat bij de diverse voor behandeling in aanmerking komende tumoren, is een continuering van ontwikkeling en klinische evaluatie van hyperthermie-apparatuur noodzakelijk.

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de beschikbare technieken voor diepe hyperthermie. De principes en de voor- en nadelen van de verschillende elektromagnetische verwarmingstechnieken worden in detail beschreven.

Verschillende methoden voor het bepalen van de energieverdeling in een fantoom zijn beschreven in paragraaf 3.1. Bij de klinische toepassing zal, ten gevolge van de anatomie van de patiënt en de doorbloeding, de temperatuurstijging sterk afwijken van de energieverdeling in het fantoom. Met behulp van theoretische modellen is het mogelijk inzicht te verkrijgen in de grootte van deze effecten. Paragraaf 3.2 geeft een samenvatting van de theoretische modellen. Tot slot geeft paragraaf 3.3 een toelichting op de noodzaak van uitgebreide temperatuurmetingen tijdens een diepe hyperthermiebehandeling.

De resultaten van het hyperthermie-onderzoekprogramma binnen de Dr. Daniël den Hoed Kliniek naar de klinische toepassing van diepe hyperthermie worden besproken in Hoofdstuk 4 tot en met 6.

Hoofdstuk 4 beschrijft het onderzoek aan de 27 MHz "ridged waveguides" van RCA. De energieverdeling over de stralende opening van de golfpijp heeft een zeer onregelmatig patroon. Met name aan weerszijden van de stralende opening werd een sterke concentratie van de energie gemeten. Uit metingen met inhomogene fantomen bleek tevens dat aan de bovenzijde van de opening sterke, zogenaamde "fringing fields" bestaan. Typerend voor deze elektrische velden in de nabijheid van de rand van de stralende opening is dat zij een richting loodrecht op de stralende opening hebben en daardoor lokaal een ongewenste verwarming van het vetweefsel kunnen geven. Indien de gehele stralende opening bedekt wordt met spier-equivalent fantoom materiaal wordt een indringdiepte gemeten van 7-8 cm. In geval alleen het "ridged"-deel van de stralende opening is bedekt, neemt de indringdiepte af tot 6 cm. Dit is aanzienlijk minder dan de indringdiepte (14.3 cm) voor een vlakke golf bij een frequentie van 27 MHz. In alle berekeningen voorspelde het gebruikte theoretische model een te optimistische waarde voor de indringdiepte. Door het tweedimensionale karakter van dit model wordt tevens de verwarming van het vetweefsel niet voorspeld. Uit het dierexperimenteel onderzoek blijkt dat met een enkele golfpijp in de billen van een varken temperaturen tot 41 °C op een diepte van 7-8 cm bereikt kunnen worden. De bereikte temperaturen tijdens de klinische behandelingen met een enkele golfpijp zijn echter teleurstellend. Hoewel bij 31 van de 54 behandelingen een temperatuur boven 40 °C werd gemeten, blijkt uit de analyse van de temperatuurgegevens dat slechts 15% van alle gemeten tumortemperaturen hoger dan 40 °C is. Dit betekent dat temperaturen > 40 °C beperkt zijn tot kleine tumorvolumina en slechts gedurende een korte periode gehandhaafd blijven. In het tweede deel van Hoofdstuk 4 worden de resultaten van het onderzoek aan twee golfpijpen in een plan-parallelle opstelling gerapporteerd. In het centrum van het 200 mm dikke, spier-equivalente fantoom werd een relatieve SAR van 30% bereikt. De werking van de beide golfpijpen in deze opstelling was echter instabiel en de geïnduceerde energieverdeling in het weefsel/fantoom was onvoorspelbaar. Ook de resultaten bij de verwarming van varkens was teleurstellend: bij drie van de vijf dierexperimenten was sprake van een aanzienlijke totale lichaamsverwarming en/of ontstond een ernstige, derdegraads brandwond. Op basis van deze resultaten moet geconcludeerd worden dat de originele "RCA ridged waveguides" in een plan-parallelle opstelling ongeschikt zijn voor verwarming van diepgelegen tumoren in het bekken.

Hoofdstuk 5 beschrijft het onderzoek verricht met het HTM3000P capacitieve hyperthermiesysteem. Uit het dierexperimenteel onderzoek volgt dat met dit apparaat grote delen centraal in het bekken van varkens tot 42 °C verwarmd kunnen worden. Uit het klinische deel van dit onderzoek blijkt dat patiënten het 30 minuten durende voor-koelen van het onderhuidse oppervlakkige vetweefsel met een zoutwater bolus van 10 °C goed verdragen. Zoals verwacht, resulteert het voorkoelen in een grote verlaging van de temperatuur in het vetweefsel. Echter, het voorkoelen kan niet voorkomen dat op de overgang van vet- naar spierweefsel een selectieve verwarming van het vetweefsel ontstaat. In 53% van de behandelingen werd de maximum temperatuur gemeten op deze overgang. In het algemeen viel de kwaliteit van de hyperthermiebehandeling tegen: 60% van de gemeten tumortemperaturen bleef beneden de 40 °C. Wel werd geconstateerd dat een aanzienlijke winst in de kwaliteit van de hyperthermiebehandeling bereikt werd indien per individuele patiënt de optimale applicator opstelling werd gebruikt: conventioneel met een elektrode op buik en rug of "aangepast", dat wil zeggen onder elke bil een, onder 45 graden geplaatste, elektrode.

Hoofdstuk 6 beschrijft de resultaten verkregen met de ring-applicator, die is ontwikkeld binnen de afdeling Hyperthermie van de Dr. Daniël den Hoed Kliniek. Bij de ring-applicator worden twee cirkelvormige elektroden om een cilindervormig lichaam geplaatst. Afhankelijk van de diameter van de ring-elektrode in relatie tot de golflengte van het elektromagnetische veld, zal een ring-applicator zich quasi-statisch dan wel radiatief gedragen.

De resultaten van het experimentele en theoretische onderzoek, beschreven in de paragrafen 6.2 en 6.3 tonen aan dat de richting van het elektrisch veld voornamelijk parallel is met de as van de cilinder. Alleen bij de randen van de ring-elektroden is een radiale component van het elektrisch veld aanwezig, waardoor op deze lokatie selectieve verwarming van het vetweefsel kan optreden. Uit de metingen en de theoretische berekeningen volgt dat selectieve verwarming aan de rand van de ring-elektrode effectief gecontroleerd kan worden door een juiste keuze van afmetingen van de ring-elektroden, de positie van de elektroden ten opzichte van het weefsel, en het gebruik van water als koppelingsmedium tussen de elektroden en het weefsel. Door de afstand tussen de ring-elektroden te variëren kan op eenvoudige wijze de lengte van het verwarmingsveld aangepast worden aan de lengte van het te behandelen weefselvolume. Concluderend kan gesteld worden dat een ring-applicator met kleine diameter en werkend bij lage frequenties zeer geschikt lijkt voor hyperthermiebehandelingen van tumoren in armen of benen.

In paragraaf 6.4 wordt aangetoond dat een ring-applicator met een diameter van 48 cm een radiatief, circumferentieel elektrisch veld kan induceren. Bij deze diameter van de ring-applicator zijn acht aansluitpunten voor de RF energie nodig om een constante amplitude- en fase-verdeling over de ring-elektrode te verkrijgen. In deze configuratie onstaat ten gevolge van additieve interferentie het gewenste maximum in de energieverdeling in het centrum van de applicator. De SAR verdelingen in het CDRH fantoom gemeten bij 70 MHz en met elektrische geleidingen van 0.4 en 0.6 S/m zijn in goede overeenstemming met de SAR verdelingen gerapporteerd voor de Sigma-60 en coaxiale TEM applicatoren. Wordt de elektrische geleiding van het fantoom materiaal verhoogd tot 1.0 S/m, dan overheerst bij 70 MHz de exponentiële afval van het elektromagnetisch veld en de relatieve SAR in het centrum van het fantoom vermindert tot ongeveer 45%. Bij 33 MHz is de indringdiepte van het elektromagnetisch veld beter, maar door de grotere golflengte is focusering niet mogelijk en ontstaat een homogene verwarming in het centrale vlak van het fantoom. Tenslotte werd aangetoond dat met de ring-applicator de SAR verdeling in zekere mate gestuurd kan worden via de amplitude-controle.

In Hoofdstuk 7 wordt de mogelijkheid om additionele apparatuur te installeren in de ruimte tussen de ring-elektroden aangetoond. De experimenten met niet-invasieve thermometrie tonen een aantal specifieke problemen bij het

meten van temperaturen met "electric impedance tomography" (EIT) wanneer deze techniek gebruikt wordt tijdens RF verwarming. Voordat verder onderzoek naar de waarde van niet-invasieve thermometrie via EIT mogelijk is dienen adequate oplossingen gevonden te worden voor het probleem van elektromagnetische compatibiliteit en de lage gevoeligheid van het EIT systeem voor weerstandsverandering centraal in het te meten object.
Hoofdstuk 8 geeft voor elk apparaat een conclusie over de mogelijkheden voor het toedienen van een diepe hyperthermiebehandeling. Daarna volgt een algemene discussie over de huidige klinische resultaten van diepe hyperthermie en onderzoekprogramma's naar de verbetering van diepe hyperthermie-apparatuur.
Concluderend: uit de studies beschreven in dit proefschrift volgt dat voor de Nederlandse patiënt voor het toedienen van een diepe hyperthermiebehandeling met elektromagnetische straling de beste resultaten verwacht mogen worden van radiatieve applicatoren waarmee een elektrisch veld gericht langs de lichaamsas en rondom de patiënt kan worden aangelegd.

* * *

IMAGE AND VIDEO CODING USING A WAVELET DECOMPOSITION

H.J. Barnard
10 mei 1994
Promotor: prof. dr. ir. J. Biemond

Gedurende de laatste jaren is er een enorme toename te zien geweest in de uitwisseling en opslag van informatie. Tegelijkertijd is visuele informatie in de vorm van digitale beelden en video een steeds belangrijkere plaats gaan innemen. Juist deze vorm van informatie brengt grote opslag- en transmissiekosten met zich mee. Daarom is het onderzoek naar snelle en betrouwbare beeldcompressietechnieken voor verschillende beeldkwaliteiten van groot belang. In de literatuur zijn meerdere methoden voorgesteld en onderzocht, waarvan er al enkele internationaal gestandaardiseerd zijn. Toch blijft er vraag naar nieuwe compressietechnieken, voor verbeterde standaarden en specifieke toepassingsgebieden. Dit proefschrift behandelt een van de meest recent ontwikkelde datacompressietechnieken met betrekking tot de toepassing voor digitale beeld- en videocodering. Deze techniek beschrijft de signalen als een gewogen som van speciale basisfuncties, de zogenaamde wavelets. De ontwikkeling van de wavelet-theorie is mede voortgekomen uit het onvermogen van de Fourier-theorie om niet-stationaire signalen te kunnen representeren. Ondanks dat de wavelet-theorie in bepaalde opzichten een vervolg is op de Fourier-theorie wordt dit niet weerspiegeld in de notatie en de naamgeving in de meeste artikelen en boeken over wavelet-theorie. Een van de bijdragen van dit proefschrift is het gebruik van een consistente notatie en naamgeving in volledige analogie met de Fourier-theorie. Daarbij is de keus gemaakt voor de notatie zoals die gebruikt wordt in de signaalverwerkingsliteratuur en niet voor de notatie uit de wiskundige literatuur.
De meeste boeken beschrijven de wavelet-theorie vanuit een wiskundig standpunt. Voor een goed begrip en een juiste implementatie voor beeld- en videocodering is daarentegen een grondige kennis van de wiskundige achtergronden niet noodzakelijk. In dit proefschrift worden die achtergronden dan ook zoveel mogelijk weggelaten.
De nadruk in dit proefschrift ligt op het onderdeel van de wavelet-theorie dat toegepast wordt in de beeldcodering: de discrete wavelet transformatie (DWT). Het codeerschema van de DWT blijkt sterk overeen te komen met het subband-codeerschema met twee kanalen dat sinds de jaren zeventig gebruikt wordt in de signaalverwerking. Het voornaamste verschil ligt in de eigenschappen van de gebruikte filters. Volgens de theorie van het subbandcoderen (SBC) moet een filter goede frequentie-eigenschappen bezitten, zoals voldoende demping in de stopband en een korte overgang tussen doorlaatband en stopband. Een bekend voorbeeld van zulke filters wordt gevormd door de klasse van Johnston filters, waarvan we in sommige een verbetering aangebracht hebben. Anders gezegd, filters die ontworpen zijn volgens de SBC theorie hebben als doel zo goed mogelijk de ideale blokvorm in het frequentiedomein te benaderen. Een heel ander uitgangspunt bij het ontwerpen van filters wordt gebruikt bij de wavelet-theorie. Hierbij is het doel een filter een zekere mate van regulariteit te geven, wat een recent gedefinieerde filtereigenschap is. De bekendste wavelet filters zijn de Daubechies filters.
Regulariteit kan geïnterpreteerd worden als de mate van gladheid van de limietfunctie behorende bij het filter. De limietfunctie is de limiet van herhaalde filters in een boomstructuur van oneindige diepte. De regulariteit is sterk gecorreleerd aan het aantal afgeleiden van de frequentiekarakteristiek dat gelijk is aan nul op de helft van de bemonsterfrequentie. Een andere bijdrage van de wavelet-theorie aan de reeds bestaande SBC theorie is de connectie tussen digitale filters en de theorie van continue functieruimten en basisfuncties.
Een van de onderzoeksgroepen die de DWT toepasten in de beeldcodering stelde dat de regulariteitseigenschap belangrijk is, omdat die leidt tot minder storende kwantisatiefouten in de gereconstrueerde beelden. Dit is niet aangetoond in onze experimenten, waarin geen relatie naar voren kwam tussen regulariteit en codeerprestatie. Een andere veronderstelling werd wel bevestigd door onze experimenten. Het blijkt dat voor filterparen waar een van de filters een lage regulariteit heeft, dit filter het best in de analyse gebruikt kan worden. Alleen als beide filters een regulariteit hebben die boven 2 uitkomt, wordt de plaatsing van de filters in de filterbanken bepaald door andere filtereigenschappen. Voor beeldcoderingstoepassingen lijkt een regulariteit van 2 voldoende.
Als we de codeerprestatie vergelijken van filters, zowel ontworpen met de SBC theorie als met de wavelet-theorie, dan vertonen de resultaten in het algemeen niet al te grote verschillen. Voor het vergelijken van de prestaties gebruiken we de zogenaamde subband coding gain, de signaal-ruis-verhouding (een objectieve maat) en de visuele beeldkwaliteit (een subjectieve maat). De experimenten zijn uitgevoerd met zes beelden en twee beeldsequenties (video's). De biorthogonale wavelet filters blijken dan het best te presteren. Deze filters hebben een lineaire fase. Vervolgens komen de lineaire fase SBC filters, en de niet-lineaire fase wavelet filters.
Het is mogelijk om de eendimensionale wavelet-theorie uit te breiden naar meerdere dimensies, waarvan we hier alleen het tweedimensionale (2-D) geval beschouwen. De algemene 2-D DWT heeft een verscheidenheid aan varianten, waarvan we de twee eenvoudigste nader onderzoeken. De een is de gebruikelijke gescheiden implementatie van de DWT (de dyadische 2-D DWT) die ook in de bovenstaande experimenten gebruikt is. De andere is de zogenaamde quincunx 2-D DWT die, net als de eendimensionale DWT, het signaal opdeelt in twee frequentiebanden, een met lage en een met hoge frequenties. De verwachting is dat deze quincunx 2-D DWT beter in staat is om sommige soorten beelden als luchtfoto's te comprimeren, omdat geen enkele richting bevoordeeld wordt boven andere richtingen. Het nadeel van de quincunx 2-DWT is de grotere complexiteit vergeleken met de dyadische 2-D DWT.
Bij de experimenten vergelijken we de codeerprestaties van de beide varianten van de 2-D DWT. De filters van de quincunx 2-D DWT zijn gerelateerd aan die van de dyadische 2-D DWT door middel van de McClellan transformatie. Het blijkt dat de quincunx 2-D DWT een lagere beeldkwaliteit oplevert, ook voor die soorten beelden waarvoor deze geschikt zou moeten zijn. Verder onderzoek in de richting van quincunx 2-D DWT zou zich voornamelijk moeten richten op het ontwerp van betere 2-D filters.

Naast de beeldcompressie methoden die gebaseerd zijn op transformatie, zoals de DWT, zijn in de literatuur ook verscheidene segmentatie-gebaseerde (region-based) methoden gepubliceerd. Het basisprincipe achter segmentatie-gebaseerd coderen is het opdelen van het beeld in verschillende, niet-overlappende segmenten. De randen van deze gebieden en de inhoud ervan (aangeduid met de term textuur) worden apart gecodeerd. In het ideale geval zullen de gebieden corresponderen met objecten in het beeld.

De meest gebruikelijke methode om textuur te coderen is de representatie van de grijswaarden in het beeld met behulp van polynomen. De DWT was tot nu toe niet geschikt voor textuurcodering, aangezien een signaaldecompositie in d niveaus een segment veronderstelt dat is opgebouwd uit blokken van beeldpunten. In het algemeen zullen zulke segmenten niet passen bij de objecten in het te coderen beeld. In dit proefschrift wordt een nieuwe methode voor signaalextensie geïntroduceerd die het mogelijk maakt om een wavelet-decompositie uit te voren zonder extra transformatiecoëfficiënten te introduceren. Wanneer deze methode toegepast wordt op tweedimensionale signalen dan is het mogelijk om een DWT uit te voeren op segmenten van willekeurige vorm. Deze variant van de DWT wordt de segment-gebaseerde DWT genoemd (region-based discrete wavelet transform, RBDWT). De RBDWT kan eveneens geïnterpreteerd worden als een DWT waarbij de subbanden opgedeeld zijn in segmenten.

Hiermee is het mogelijk om een nieuw segmentatie-gebaseerd codeerschema te maken, waarin de textuur wordt gecodeerd met de RBDWT. Een voordeel van dit schema is dat het in staat is de beschikbare hoeveelheid bits te verdelen over zowel subbanden als segmenten. Een goede segmentatie bestaat over het algemeen uit relatief grote segmenten om de splitsing in subbanden optimaal te kunnen benutten.

Omdat de aandacht vooral uitgaat naar de implementatieaspecten van de RBDWT, gaan we niet in op de optimalisatie van het segmentatieproces. Aangezien het een belangrijk onderdeel is in het codeerschema bevelen we verder onderzoek in deze richting sterk aan. Met een geoptimaliseerde segmentatie kan de codeerprestatie van de RBDWT vergeleken worden met andere methoden voor textuurcodering.

Zoals veel segmentatie-gebaseerde codeermethoden is de RBDWT niet erg geschikt voor hiërarchisch coderen. De oorzaak hiervan ligt in het feit dat de bemonstering van de segmentatieinformatie een blokkerige fout in het gereconstrueerde beeld tot gevolg heeft bij lage resoluties. Bij het toepassen van de RBDWT voor de codering van video moet voornamelijk gedacht worden aan het coderen van die gebieden waarbij bewegingscompensatie geen goed resultaat geeft. De codeerprestatie van het nieuwe codeerschema met de RBDWT is experimenteel vergeleken met de codeerprestatie van het standaard DWT codeerschema. De standaard DWT geeft weliswaar betere signaal-ruis-verhoudingen, maar de subjectieve beeldkwaliteit voor het RBDWT schema is zeker niet minder dan die van de standaard DWT. Dit komt voornamelijk doordat de randen beter worden gerepresenteerd en de zogenaamde ringing artefacten kleiner zijn. Daarom kunnen we concluderen dat de RBDWT een nieuwe codeermethode is die verder onderzoek verdient.

* * *

GROWTH AND PROPERTIES OF CVD-W FILMS FOR MICROELECTRONIC APPLICATIONS

G.J. Leusink
16 mei 1994
Promotor: prof. dr. ir. S. Radelaar

In dit proefschrift worden de resultaten beschreven van een onderzoek naar de groei en eigenschappen van "Chemical Vapor Deposition" (CVD) wolfraam (W) films. De nadruk is gelegd op CVD processen en film eigenschappen die van belang zijn voor de metallisatie van geavanceerde geïntegreerde schakelingen (IC's). De drie belangrijkste onderwerpen die behandeld worden zijn (i) de reacties en reactiemechanismen die ten grondslag liggen aan W depositie door de reductie van wolfraamhexafluoride (WF_6) door het silicium (Si) substraat, (ii) de groei en eigenschappen van $W_{1-x}Ge_x$ films op Si substraten door de reductie van WF_6 door germaan (GeH_4) en (iii) de relatie tussen de depositiecondities enerzijds en de filmgroei en filmeigenschappen anderzijds. Hierbij wordt met name ingegaan op het ontstaan van groeispanning in de films. Groeispanningen in CVD-W films kunnen van groot belang zijn voor de opbrengst van IC productieprocessen.

De experimenten zijn uitgevoerd in een lage druk enkelplaks productie reactor met een koude wand. De reactor is voorzien van apparatuur om in situ de kromming van de wafer (d.w.z., de mechanische spanning in de film) en de reflectiviteit van het filmoppervlak te meten. Het massatransport in de reactor, dat een belangrijke rol speelt in de relatie tussen de filmgroei en filmeigenschappen enerzijds en de depositiecondities anderzijds, is bestudeerd met behulp van een voor de reactor ontwikkeld numeriek model. Filmgroei en filmeigenschappen zijn bestudeerd tijdens en na W-CVD processen die gebaseerd zijn op de reductie van WF_6 door Si, Ge, GeH_4 en H_2.

Het in situ meten van de waferkromming is een gevoelige methode om de reactie van WF_6 met een Si substraat te bestuderen (Hoofdstuk IV). Afhankelijk van de depositietemperatuur (T < 500 °C) en de WF_6 inlaatdruk zijn drie types spanningsontwikkeling waargenomen die toegeschreven zijn aan: (i) zelflimiterende groei van W films via de reactie van WF_6 met Si aan het film-gas grensvlak onder vorming van siliciumtetrafluoride gas (SiF_4), (ii) groei van wolfraamdisilicide (WSi_2) films via de reactie van WF_6 met Si aan het film-gas grensvlak onder vorming van SiF_4, en (iii) de vorming van WSi_2 via een reactie van de zelflimiterende W films met het Si substraat. De groei van WSi_2 onder vorming van SiF_4 aan het film-gas grensvlak, hetgeen bevorderd wordt door hoge depositietemperaturen en lage WF_6 inlaatdrukken (of lage depositiesnelheden), is consistent met thermodynamische berekeningen (Hoofdstuk II). De diktegemiddelde spanning in de films varieerde van 2 GPa in de zelflimiterende W films verkregen bij lage depositietemperatuur, tot 0.2 GPa in de WSi_2 films verkregen bij hoge depositietemperatuur, tot een drukspanning in de zelflimiterende W films na reactie met het Si substraat bij hoge temperatuur.

De kinetiek van zelflimiterende groei van W films wordt in meer detail beschreven in Hoofdstuk V. Een model, dat de filmdikte en de groeitijd voor zelflimiterende groei voorspelt als funktie van de temperatuur, de WF_6 inlaatdruk en de totaaldruk, wordt voorgesteld. Het model wordt experimenteel getoetst door middel van een systematische variatie van de proces parameters. Aangetoond wordt dat W depositie aan het film-gas grensvlak doorgaat zolang de depositiesnelheid beperkt wordt door de aanvoer van WF_6 uit de gasfase, en dat het zelflimiterende effect optreedt op het moment dat de depositiesnelheid beperkt wordt door de aanvoer van Si uit het substraat. De hoge waarde die voor de Si diffusiecoëfficiënt gevonden wordt ($D_o = 8.2\times10^{-6}$ m²/s, E_D = 133 kJ/mole), wordt toegeschreven aan de (poreuze) kolomstructuur van de films die veroorzaakt wordt door de hoge reactieve plakkans van het depositieproces en de lage temperatuur. Met behulp van het numerieke simulatiemodel zijn de reactieve plakkans voor WF_6 met een "Si op W" oppervlak ($0.1 \leq \gamma \leq 1$), de diffusiegrenslaagdikte in de gasfase (0.04 m) en de diffusiecoëfficiënt voor WF_6 in Ar (50% van de theoretische waarde) bepaald. Dunne zelflimiterende W films, waar in de praktijk naar wordt gestreefd, worden verkregen bij een hoge WF_6 inlaatdruk, een lage temperatuur en een lage totaaldruk.

Ook de reactie van WF_6 met een Ge oppervlak leidt tot zelflimiterende W groei. Er wordt aangetoond dat het vluchtige product van deze reactie bij 370 °C GeF_2 is, en dat voor de reactieve plakkans voor deze reactie geldt $0.01 < \gamma < 0.03$ (Hoofdstuk VII). Het reactieproduct GeF_2 is consistent met

thermodynamische berekeningen in Hoofdstuk II. Deze resultaten ondersteunen de aanname dat de groei van $W_{1-x}Ge_x$ films via de reductie van WF_6 door GeH_4 kinetisch bepaald wordt door een Ge laag aan het film-gas grensvlak. De groei van $W_{1-x}Ge_x$ films wordt gekenmerkt door een lage reactieve plakkans, de vorming van GeF_2, een onderdrukking van de Si reductiereactie op Si substraten en een zeer goede reproduceerbaarheid. De eigenschappen van $W_{1-x}Ge_x$ films hangen af van de samenstelling van de films welke bepaald wordt door de depositietemperatuur. De Ge concentratie neemt toe van 0.7 at.% tot 30 at.% als de depositietemperatuur afneemt van 480 °C tot 300 °C. Met toenemende Ge concentratie nemen de soortelijke weerstand en de supergeleidende overgangstemperatuur toe terwijl de structuur verandert van α-W naar ß-W en amorf W. De verandering van lage (< 25 μΩ cm) naar hoge soortelijke weerstanden (> 140 μΩ cm) bij ongeveer 445 °C depositietemperatuur valt samen met de overgang van de α-W structuur (x < 0.06) naar de ß-W structuur (x > 0.06). De supergeleidende overgangstemperatuur van amorf $W_{0.7}Ge_{0.3}$ films bedraagt 4.9 K.

De groei en eigenschappen van amorfe $W_{0.7}Ge_{0.3}$ films op Si(100) substraten worden beschreven in Hoofdstuk VIII. Voor filmdiktes groter dan 3.5 nm worden de groeisnelheid en de soortelijke weerstand constant, terwijl de reflectiviteit beschreven wordt met een laag-voor-laag groeimechanisme. Voor filmdiktes kleiner dan 3.5 nm worden de toename van de soortelijke weerstand en de verandering van de reflectiviteit consistent beschreven met een eilandgroeimechanisme. De zeer goede reproduceerbaarheid van het depositieproces en de onderdrukking van de Si reductiereactie gedurende de beginstadia van de depositie worden verklaard met een Ge laag aan het film-gas grensvlak met een dikte van ongeveer twee monolagen.

De reductie van WF_6 door H_2 is gebruikt als een model systeem om de ontwikkeling van spanningen tijdens de groei van CVD-W films te bestuderen (Hoofdstuk VI). Aangetoond wordt dat de spanning in de films zich ontwikkelt in de nabijheid van het aangroeiende filmoppervlak, m.a.w., de intrinsieke spanning in de films is een groeispanning. In het algemeen verloopt de spanning als functie van de filmdikte in 3 stadia van trek bij kleine dikte (stadium I), naar druk bij intermediaire dikte (stadium II), naar trek bij grote dikte (stadium III). De ontwikkeling van druk- en trekspanning hangt af van de depositietemperatuur en de groeisnelheid: de ontwikkeling van trekspanning in stadium III wordt bevorderd door lage temperaturen en hoge groeisnelheden terwijl tegenovergestelde condities de ontwikkeling van drukspanning in stadium II bevorderen. Het ontstaan van trekspanning in stadium III is beschreven met een aan de groei gerelateerd korrelgrensrelaxatiemodel ("ritssluitingmodel"). De vorming van drukspanning in stadium II is voorlopig toegeschreven aan coherentierekken die het resultaat zijn van de oppervlaktespanning tijdens het stadium van eilandgroei. Lage waarden voor de diktegemiddelde spanning in de films worden verkregen bij hoge temperaturen en lage totaaldrukken. Deze condities staan haaks op de condities die gebruikt worden om een goede stapbedekking van de films te verkrijgen.

De ontwikkeling van groeispanning in polykristallijne CVD-$W_{1-x}Ge_x$ films is vergelijkbaar met de ontwikkeling van groeispanning in CVD-W films die met het "waterstofproces" gegroeid zijn. Ook de zeer lage groeispanning in de amorfe $W_{1-x}Ge_x$ films is in overeenstemming met het voorgestelde groeispanningsmechanisme (Hoofdstuk VII).

* * *

INFRARED MATRIX SENSOR USING PVDF ON SILICON

P.C.A. Hammes
17 mei 1994
Promotoren: prof. dr. ir. S. Middelhoek en prof. dr. ir. P.P.L. Regtien

In dit proefschrift wordt de toepassing van het pyro- (en piëzo-) elektrische polymeer PVDF in een infrarood matrix sensor besproken. Om de lading, die in het PVDF bij bestraling met IR licht gegenereerd wordt, uit te lezen, is het principe van Swartz en Plummer uit 1978 gebruikt. In drie opeenvolgende ontwerpen is dit principe aangepast en verbeterd.

Hoofdstuk 1

In dit hoofdstuk wordt de keuze voor PVDF als sensor materiaal in een infrarood matrix gemotiveerd. PVDF is vooral een interessant materiaal om in commerciële sensoren te gebruiken. In dat geval kunnen de lage produktiekosten van de sensor, ten gevolge van de lage prijs van het commercieel verkrijgbare PVDF en het feit dat de sensor niet gekoeld hoeft te worden, zwaarder wegen dan de lage gevoeligheid van het materiaal. Vanwege deze geringe gevoeligheid en het probleem van de bedrading, zijn de hier gepresenteerde sensoren op een silicium substraat gefabriceerd. Dientengevolge kan de sensor als een 'smart sensor' geklassificeerd worden, hoewel er meer elektronica toegevoegd moet worden om de sensor echt 'slim' te maken. Er wordt verder nog melding gemaakt van het groeiend aantal toepassingen in infrarood beeldvorming, van matrix sensoren zoals in dit proefschrift beschreven. De opbouw van het proefschrift wordt verklaard en de voornaamste behaalde onderzoeksresultaten worden
opgesomd.

Hoofdstuk 2

In dit hoofdstuk worden de twee belangrijkste principes besproken om infrarode straling te detecteren. Dit zijn foton detectie en thermische detectie. Het voordeel van foton detectie is een snelle responsie tijd en een grote gevoeligheid. Nadelen zijn echter de beperkte bandbreedte van de gevoeligheid en het feit dat de sensoren vaak gekoeld moeten worden om goed te kunnen werken. De thermische detectoren, waartoe ook de pyroelektrische detectoren behoren, hebben aan de andere kant een lage gevoeligheid, constant over het hele infrarode spectrum, en een langzame responsie. Ze werken echter wel goed bij kamertemperatuur. Van deze thermische detectoren is de pyroelektrische detector degene met de snelste responsie. De meest voorkomende infrarood detectoren worden kort beschreven. Van elke sensor wordt het detectiemechanisme besproken en de prestaties van de sensoren worden vergeleken.

Hoofdstuk 3

Dit hoofdstuk behandelt de theorie van het piëzo- en het pyroelektrische effect: de verandering van de interne polarisatie ten gevolge van, respectievelijk, mechanische spanning of een temperatuursverandering. Eerst worden de effecten phenomenologisch beschreven. Piëzoelektriciteit treedt op in 20 van de 21 niet-centrosymmetrische kristal klassen. Na de juiste thermische en elektrische behandeling is het ook in een aantal poly-kristallen (keramieken) en polymeren aanwezig. PVDF is een dergelijk polymeer. Piëzoelektriciteit van een materiaal is gebaseerd op het feit dat de niet-centrosymmetrische molekulen dipolen vormen. Als in dat stelsel van dipolen, een richting de voorkeur heeft waardoor een spontane polarisatie ontstaat, dan is het materiaal ook pyroelektrisch. PVDF bezit een inwendige spontane polarisatie en is dus pyroelektrisch. Gebaseerd op de theorie van de thermodynamica, worden het piëzo- en pyroelektrische effect daarna ook analytisch bekeken. Dit resulteert in de vergelijking van pyroelektriciteit die aan de basis ligt van de rest van het proefschrift.

Hoofdstuk 4

In dit hoofdstuk wordt het pyro- (en piëzo-) elektrische polymeer Polyvinylidene Fluoride of PVDF besproken dat in de hier beschreven sensoren gebruikt wordt. De produktiemethode van de commercieel verkrijgbare PVDF folies en de manier om daarin piëzo- en pyroelektriciteit te induceren worden beschreven. De fysische basis van de effecten wordt bekeken waarbij geconcludeerd wordt dat de oorsprong ervan nog steeds niet eenduidig vast ligt. De interne dipolen spelen duidelijk een belangrijke rol, maar de aanwezige ruimtelading heeft ook invloed. Waarschijnlijk zijn in verschillende folies met verschillende verhoudingen van de verschillende kristalsoorten en gefabriceerd onder verschillende 'pool' condities, verschillende mechanismes dominant. Tenslotte wordt ook nog aandacht besteed aan de copolymeren van PVDF. Deze copolymeren hebben interessante eigenschappen voor gebruik in sensoren en de belangstelling ervoor groeit.

Hoofdstuk 5

Dit hoofdstuk bevat een theoretische discussie van het thermische, elektrische en het ruis gedrag van de sensoren die voor dit proefschrift ontworpen zijn. Van het thermische gedrag van de sensoren is een 3-dimensionale analyse uitgevoerd, gebruik makend van een numerieke eindige elementen methode. Hieruit bleek dat de laterale warmtediffusie door de sensorlaag (het PVDF) verwaarloosbaar klein is. Dientengevolge is slechts een 1-dimensionale analyse nodig om het thermische gedrag juist te beschrijven. Om deze analyse met voldoende nauwkeurigheid uit te voeren is een eerste-orde elektrisch analogon ontwikkeld waarin de effecten van de verschillende lagen van de sensorstruktuur en het effect van de thermische diffusielengte in het PVDF verdisconteerd zijn. Het is de verwachting dat dit model, gecombineerd met een model waarin het (pyro)elektrische gedrag van de sensor beschreven wordt, de sensorresponsie met voldoende betrouwbaarheid zal voorspellen. Voor de ruis-analyse van de sensoren zijn de ruisbronnen, aanwezig in de sensor, geïdentificeerd en is hun bijdrage aan de totale ruis aan de sensor uitgang berekend. Het bleek dat, in het verbeterde tweede en derde sensor ontwerp, de diëlektrische ruis van het PVDF verreweg de grootste ruisbijdrage levert. Aangezien dit een materiaaleigenschap is van het PVDF, kan het ruisgedrag van deze sensoren niet verder verbeterd worden. Gebaseerd op de resultaten van de modellen, bestaat de verwachting dat de S/N verhouding van onze sensoren bij een pitch van 45 µm nog acceptabel is.

Hoofdstuk 6

In dit hoofdstuk worden de sensor-ontwerpen en de gebruikte technologie beschreven. Er zijn drie matrixsensoren ontworpen in het 2 µm BiFET proces (het DIMES01 proces) van het Delft Institute for Microelectronics and Submicrontechnology, DIMES. Van de eerste twee ontwerpen zijn de afmetingen: een 3x3 matrix met pixelgrootte $(1mm)^2$, en van het derde onwerp: een 8x8 matrix, pixelgrootte $(200\mu m)^2$. Voor de uitlezing zijn zowel MOSFETs als JFETs gebruikt. In de opeenvolgende ontwerpen is het instellingscircuit, dat de gevoeligheid van de sensoren begrensde, verbeterd. In het tweede ontwerp door de geïntegreerde instelweerstand te vervangen door een diode en in het derde ontwerp door middel van een DC terugkoppellus. In het derde ontwerp zijn ook multiplexcircuits op de sensorchip toegevoegd. Voor de eerste sensor, bedekt door een 9 µm folie, is een maximum gevoeligheid van 84 mV/W gemeten bij 300 Hz. Het ruisgedrag kon niet geverifieerd worden omdat het ruisniveau van de sensor voor detectie te laag was. De maximale gemeten overspraak naar een naastliggend pixel was ongeveer 8 %. Van de sensoren van het tweede ontwerp vertoonden de sensoren bedekt door een 40 µm folie, voor frequenties lager dan 30 Hz, een grotere gevoeligheid dan de sensoren met een 9 µm folie. Het ruisgedrag van de eerste sensoren was ook beter en dus is het gedrag van de sensoren met een dikker folie in het algemeen beter. Een (maximum) gevoeligheid van 60 V/W is gemeten bij 20 Hz voor de sensor met het 40 µm folie. Van een aantal sensoren van dit ontwerp kon het ruisgedrag wel gemeten worden. Dit bleek een goede overeenkomst met het theoretische gedrag te vertonen. Bij 50 Hz is een maximum specifieke detectiviteit D^* van $4x10^5$ cm (Hz)/W gemeten. De overspraak naar een naastliggend pixel was bij deze sensor ongeveer 5%. Theoretische analyse van de sensoren van het derde ontwerp toont aan dat deze een grotere gevoeligheid bezitten ten gevolge van de toegenomen versterking en de kleinere elektrische capaciteit van de sensor. De verwachte maximum gevoeligheid voor een sensor met 9 µm PVDF folie is ongeveer 1000 V/W bij 50 Hz. De NEP van dit ontwerp is naar verwachting met ongeveer een factor 5 verbeterd, terwijl D^* praktisch onveranderd is. De gemeten sensor responsies komen goed overeen met de theoretische voorspellingen van de modellen, beschreven in hoofdstuk 5. Als één parameter van al de parameters die het thermische en elektrische gedrag van de sensor beschrijven, onbekend is, kan deze parameter met behulp van de modellen achterhaald worden. Door de metingen met de model-voorspellingen te fitten kon de onbekende verflaag-dikte op deze manier met een resolutie van 1 µm bepaald worden.

Hoofdstuk 7

In dit hoofdstuk worden enkele conclusies getrokken uit de resultaten, beschreven in hoofdstuk 6 en worden enkele suggesties gedaan voor het toekomstige onderzoek.

* * *

SUBSAMPLING METHODS FOR IMAGE SEQUENCE CODING

R.A.F. Belfor
9 juni 1994
Promotor: prof. dr. ir. J. Biemond

De opkomst van breedbandige digitale communicatiekanalen en recente ontwikkelingen op het gebied van de digitale signaalverwerkingsapparatuur hebben het mogelijk gemaakt dat een groot aantal nieuwe audio-visuele diensten kan worden geboden aan de consument. Deze diensten hebben een grote invloed op allerlei dagelijkse activiteiten, zowel zakelijk en educatief als in de ontspanningssfeer. De "High Definition Television" (HDTV) geeft vergeleken met de huidige televisie een betere beeld- en geluidskwaliteit. Andere nieuwe diensten zijn onder andere de beeldtelefoon, interactieve televisie en de digitale videorecorder. Al deze nieuwe diensten vereisen het verzenden van beeld-, geluid- en digitale informatie. Datacompressie richt zich op het efficiënt overzenden van de informatie. Door de toepassing van datacompressie komt de informatie sneller bij de consument en worden de kosten die verbonden zijn aan de nieuwe diensten verminderd. Een methode die gebruikt kan worden voor het comprimeren van digitale beeldsequenties is onderbemonsteren. Een digitaal beeld bestaat uit een verzameling van beeldelementen ("pixels"). In een onderbemonsteringssysteem wordt de hoeveelheid te verzenden informatie verminderd door een deel van de pixels niet te verzenden. Aan de ontvanger moeten vervolgens op basis van de pixels die wel verzonden zijn de ontbrekende pixels worden teruggewonnen (interpolatie). Het is nu belangrijk dat de verzonden pixels voldoende informatie bevatten om een goede interpolatie mogelijk te maken. Hierbij moet een afruil worden gemaakt tussen de vereiste kwaliteit, de compressie factor en de complexiteit van de methode. In dit proefschrift worden verschillende mogelijkheden voor onderbemonsteringssystemen besproken.

Een belangrijke keuze in een onderbemonsteringssysteem is het bemonsteringsraster. Dit is een (regelmatige) verzameling van discrete punten in de drie-dimensionale ruimte. Het raster definieert de positie van de

pixels in zowel de originele als de onderbemonsterde beeldsequentie. Door de vorm van het raster te variëren kunnen bepaalde frequentiecomponenten worden benadrukt of juist worden onderdrukt. De dichtheid van het raster bepaalt de compressiefactor. Uit het raster kunnen ook de posities in het frequentiedomein van de herhaal spectra, die onstaan door het bemonsteren van de beeldsequentie, worden afgeleid. Om vouwvervorming te voorkomen, mogen de herhaal spectra elkaar niet overlappen. Daarom moeten de frequentiecomponenten die vouwvervorming kunnen veroorzaken vóór het onderbemonsteren worden onderdrukt met een bandbegrenzend laagdoorlaat filter. Als er geen frequentiecomponenten zijn die aanleiding geven tot vouwvervorming dan is het bandbegrenzend filter overbodig. Bij de ontvanger worden de ontbrekende pixels weer teruggewonnen met behulp van een interpolatie filter, wat in essentie weer een laagdoorlaat filter is.
Een eerste groep van spatio-temporele onderbemonsteringssystemem, zijn systemen die gebruik maken van een vast bemonsteringsraster. In een eenvoudig onderbemonsteringssysteem met een vast bemonsteringsraster worden lineaire niet-adaptieve bandbegrenzende en interpolatie filters gebruikt. Het eenvoudig systeem maakt gebruik van de eigenschap dat het menselijk visueel systeem minder gevoelig is voor diagonale spatiële frequentiecomponenten. Bij gebruik van een zogenaamd quincunx bemonsteringsraster worden deze frequentiecomponenten niet overgezonden. Een andere toepassing van het eenvoudige systeem is het onderbemonsteren van de kleurinformatie. De energiebijdrage van de kleur-componenten is vaak laag, waardoor een raster met een lage bemonsteringsdichtheid kan worden gebruikt.

De kwaliteit van het eenvoudige systeem kan worden verbeterd door adaptieve interpolatie filters te gebruiken in plaats van vaste (d.w.z. niet-adaptieve) interpolatie filters. Het doel hierbij is om een deel van de resolutie die verloren is gegaan bij het onderbemonsteren terug te winnen. Om dit mogelijk te maken mag er geen bandbegrenzend filter worden gebruikt, en kan er dus vouwvervorming optreden. De interpolatie kan adaptief gemaakt worden aan de beweging in de beeldsequentie door bewegingsadaptieve filters te gebruiken. Bij bewegingsadaptieve filters wordt de spatio-temporele doorlaatband van het interpolatie filter aangepast aan de lokale bewegingsvector, en wordt er ook bij de interpolatie geen spatiële informatie weggefilterd. De resolutie van de geïnterpoleerde beeldsequentie is daarom hoger dan in het eenvoudige onderbemonsteringssysteem. Voor een goed interpolatieresultaat is het noodzakelijk dat de geschatte bewegingsvectoren voldoende nauwkeurig zijn en goed overeenkomen met de echte beweging. Omdat bewegingsschatting niet altijd correct verloopt, moet er een mechanisme zijn dat foute bewegingsvectoren detecteert en in dat geval een alternatieve interpolatie uitvoert. Foutdetectie kan worden gedaan door bij de zender al te kijken naar de grootte van de interpolatiefout. Het eenvoudige onderbemonsteringssysteem met niet-adaptieve interpolatie kan dienen als een alternatieve terugval mogelijkheid. Een andere klasse van adaptieve filters omvat de niet-lineaire interpolatie filters welke gebaseerd zijn op het mediaan filter. Het voordeel van deze filters is dat het interpolatie resultaat niet bepaald wordt door het gewogen gemiddelde van de pixelwaarden in een spatiotemporeel venster om het te interpoleren pixel, maar dat de meerderheid van de pixelwaarden bepaalt wat het uiteindelijke interpolatie resultaat is. Als het te interpoleren pixel tot de meerderheid behoort, is het interpolatie resultaat beter dan wanneer lineaire interpolatie filters worden gebruikt. Het interpolatieresultaat kan nog verder worden verbeterd door een hybride filter te gebruiken, bestaand uit een combinatie van lineaire en niet-lineaire filters. Hierbij kan ook het bewegingsadaptieve interpolatie filter gebruikt worden. Experimenten tonen aan dat de prestaties van de niet-lineaire interpolatie filters geen grote verbetering geven ten opzichte van lineaire interpolatie filters. Vouwvervorming blijkt hierbij de beperkende factor te zijn.
Een tweede groep van spatio-temporele onderbemonsteringssysteem gebruikt voor het verkrijgen van betere resultaten een adaptief bemonsteringsraster in plaats van een vast bemonsteringsraster. In een systeem met een spatieel adaptief raster wordt de vorm en de dichtheid van het lokale bemonsteringsraster aangepast aan de beeldinhoud. Het beeld wordt in blokken opgedeeld en voor elk blok wordt bepaald wat het optimale bemonsteringsraster is. Met behulp van de produktie-vervormingstheorie kan worden aangetoond dat deze aanpak altijd een lagere vervorming geeft dan een systeem met een vast bemonsteringsraster. Deze theorie kan ook worden gebruikt voor het toewijzen van de lokale bemonsteringsrasters aan de verschillende blokken, onder de randvoorwaarde van een vooraf vastgestelde datacompressie factor. Het gevolg van spatieel adaptief onderbemonsteren is wel dat aan de ontvangstzijde de interpolatie uitgevoerd moet worden op een onregelmatig bemonsteringsraster. Binnen één blok is er wel een regelmatig bemonsteringsraster. Gebaseerd op de pixel binnen één blok kunnen met behulp van de kleinste-kwadraten-methode polynomen van verschillende orde worden geschat, welke gebruikt worden om de ontbrekende pixels te berekenen. Een ander interpolatiemethode is het opbouwen van een hiërarchische piramide, waarbij het beeld vanuit de bemonsteringsrasters met een lage bemonsteringsdichtheid steeds wordt uitgebreid naar een hogere bemonsteringsdichtheid. Een voorwaarde hierbij is dat elk lokaal bemonsteringsraster steeds een deelverzameling is van de rasters met een hogere bemonsteringsdichtheid. Het systeem kan ook adaptief in de temporele richting gemaakt worden door gebruik te maken van bewegingsinformatie. Als een blok met behulp van de bewegingsvector voorspeld kan worden uit het vorig beeld, dan hoeft dit blok niet nog een keer te worden verzonden. Op deze manier wordt de temporele bemonsteringsfrequentie aangepast aan de aktiviteit in de temporele richting. De experimenten tonen aan dat het systeem betere resultaten oplevert dan een systeem met een vast bemonsteringsraster, en dat de kwaliteit toeneemt naarmate er meer verschillende lokale bemonsteringsrasters zijn waaruit gekozen kan worden.
Een andere manier om een adaptief bemonsteringsraster te verkrijgen is door het raster aan te passen aan de aanwezigheid van beweging. Een niet-bewegend gebied in een beeld verandert niet in de tijd, waardoor de bemonstering van het beeld verdeeld kan worden over een aantal beelden. Elk beeld wordt onderbemonsterd met een bepaald onderbemonsteringsraster, waarbij het raster voor elk beeld zodanig verschoven wordt dat alle pixels van het stilstaande beeld over een periode van een aantal beelden overgezonden worden. Bij de ontvanger worden de verschillende beelden gecombineerd in één beeld met een temporeel interpolatie filter. Dit principe heet "sub-Nyquist" bemonsteren, omdat de bemonsteringsfrequentie lager is dan de voorgeschreven Nyquist-frequentie. Sub-Nyquist bemonsteren wordt gebruikt in verschillende compressiesystemen voor HDTV, zoals het Japanse MUSE systeem en het Europese HD-MAC systeem. In een praktisch systeem moet er altijd een alternatieve onderbemonsteringsmogelijkheid zijn voor het geval dat er wel sprake is van beweging. Bij beide systemen wordt in dit geval gekozen voor een vast onderbemonsteringsraster in combinatie met spatiële interpolatie. Bij het HD-MAC systeem wordt de onderverdeling in bewegende en niet-bewegende gebieden gedaan op blok-basis en in het MUSE systeem op pixelbasis. In het HD-MAC systeem wordt deze beslissingsinformatie als zij-informatie verzonden, terwijl het MUSE systeem de beslissing apart herhaalt bij de ontvanger. De complexiteit is daardoor in het HD-MAC systeem geconcentreerd bij de zender, terwijl in het MUSE systeem zowel de zender als de ontvanger dezelfde complexiteit hebben. Het principe van sub-Nyquist bemonsteren kan met behulp van bewegingsinformatie worden uitgebreid naar bewegende gebieden. Dan treedt echter wel het probleem van de kritische snelheden op. Als een vast bemonsteringsraster wordt gebruikt is het voor sommige gebieden die bewegen met een bepaalde snelheid niet langer mogelijk om door combinatie van de verschillende onderbemonsterde beelden het oorspronkelijk beeld terug te winnen. Dit probleem wordt opgelost door een

adaptief bemonsteringsraster te gebruiken, zodanig dat combinatie van de verschillen onderbemonsterde beelden wel mogelijk wordt. Ook hier geldt dat een toename van de nauwkeurigheid van de bewegingsvectoren een positieve invloed heeft op het eindresultaat. Uit de experimenten blijkt dat het bewegingsadaptieve sub-Nyquist systeem betere resultaten oplevert dan het niet-adaptieve systeem omdat het ook kan worden toegepast op bewegende gebieden in de beeldsequentie.

Onder bemonsteren kan gecombineerd worden met transformatiecodering met als doel de complexiteit van het transformatiecoderingssysteem te verlagen. Een andere motivatie is de aanpassing van het transformatiecoderingssysteem aan het menselijk visueel systeem. Het overgebleven spectrum na onderbemonstering kan nauwkeuriger worden gecodeerd. Verder kan het transformatiecoderingssysteem bewegingsadaptief gemaakt worden door combinatie met sub-Nyquist bemonstering. In de praktijk komen alleen onderbemonstering systemen met een vast bemonsteringsraster in aanmerking voor combinatie met transformatiecodering. De gemiddelde kwadratische vervorming van een systeem bestaande uit een vast bemonsteringsraster gevolgd door transformatiecodering is altijd groter of gelijk aan de vervorming van een systeem met alleen transformatiecodering, maar de keuze voor het gecombineerde systeem is in de praktijk niet altijd gebaseerd op dit objectieve kwaliteitscriterium. Wanneer een transformatiecoderingssysteem gecombineerd wordt met sub-Nyquist bemonstering dan valt met theoretische argumenten aan te tonen dat de gemiddelde kwadratische fout altijd kleiner is dan in een standaard transformatiecoderingssysteem. In de experimentele evaluatie blijkt dit theoretische resultaat echter niet op te gaan.

Wanneer de verschillende besproken onderbemonsteringsmethodes met elkaar worden vergeleken, dan blijkt dat de systemen die gebaseerd zijn op een vast onderbemonsteringsraster slechtere resultaten opleveren vergeleken met de systemen die gebruik maken van een adaptief onderbemonsteringsraster. De uitzondering hierop is het systeem met een bewegingsadaptief interpolatie filter, dat ook een goed resultaat oplevert. Het beste resultaat wordt verkregen met een spatio-temporeel adaptief bemonsteringsraster, omdat in dit geval de lokale beeldinhoud goed wordt benut.

* * *

SENSOR BASED FINE MOTION CONTROL

C. Klomp
14 juni 1994
Promotor: prof. ir. G. Honderd

Het proefschrift is gericht op het besturen van robots gedurende manipulatiehandelingen. Gezien de complexe situaties die dit omvat, kan niet met een simulatiestudie worden volstaan. Daarom is aan de toepassing van de ideeën op een daadwerkelijke robot (Bosch TurboSCARA) en de ontwikkeling van een algemeen opgezet robotbesturingssysteem veel aandacht besteed.

In tegenstelling tot bewegingen in de vrije ruimte, kenmerkt manipulatie zich door interactie tussen de robot en de omgeving. Voorbeelden van dergelijke manipulatietaken zijn: puntlassen, montage, contourvolgen en reparatie- en onderhoudswerk. Het onderzoek heeft zich voornamelijk gericht op flexibele assemblage. De geimplementeerde besturing zal in DIAC (Delft Intelligent Assembly Cell) worden toegepast.

Voor veel assemblagetaken overtreft de benodigde positienauwkeurigheid de effectieve nauwkeurigheid van de flexibele assemblagecel. Afgezien van de a priori positieinformatie over de voorwerpen, dient dus de status van het montageproces bekend te zijn. Deze kan worden gemeten met behulp van sensoren. De uitgeoefende kracht is de belangrijkste parameter bij montagehandelingen. Door het gebruiken van de krachtinformatie voor het aansturen van de robot wordt bereikt dat de robot meegeeft met de omgeving. Dit wordt compliantie genoemd. Het grootste verschil tussen de diverse algoritmen zit verscholen in het type referentiesignaal: de plaatsgebaseerde methodes en de krachtgebaseerde methodes. Vanuit het oogpunt van assemblage heeft de laatste groep de voorkeur, omdat de kracht uiteindelijk belangrijker is dan de exacte locatie van het voorwerp.

In de servoversterkers van de robot, waarmee het onderzoek is verricht, zitten analoge snelheidsregelaars. Hierdoor is het problematisch om, theoretisch elegante, modelgebaseerde regelingen toe te passen die uitgaan van koppelsturing. Aan de andere kant zorgt de tachoterugkoppeling voor extra demping en wordt ook het gedrag in de vrije ruimte en tijdens de overgang van niet-contact naar contact eenvoudiger te regelen.

Eerst is eendimensionale regeling in het vertikale vlak aandacht gegeven. De gecombineerde stijfheid van de robot en de omgeving is een belangrijke systeemparameter. Een SCARA robot is zeer stijf in de vertikale richting, hetgeen zich vertaalt in een grote systeemversterking. Om stabiliteit te kunnen garanderen, dient hiermee rekening te worden gehouden bij het instellen van de regelaar. Dit resulteert in langzaam bewegen bij stijve voorwerpen. Voor slappe voorwerpen is een zo'n instelling te behoudend en duurt het lang voordat het krachtsetpoint is bereikt. Het ideaal is een voorwerponafhankelijke krachtresponsie. Om dit te bereiken is een adaptieve regelaar geïmplementeerd. Na het maken van contact wordt de stijfheid geschat, waarmee de instelling van de regelaar wordt aangepast.

De moeilijkheid in het multidimensionale geval zit in de coördinatie van de motoren, die tezamen de bewegingen in het horizontale vlak teweeg brengen. Door het opnemen van transformaties in de regellus kan deze coördinatie worden bereikt. Gezien de toepassing van snelheidsregelaars in de servoversterkers, ligt het voor de hand om de inverse Jacobiaan te gebruiken. Hiermee is een hybride snelheids-/krachtregeling geïmplementeerd. Naast absolute coördinatenstelsels kunnen ook relatieve coördinatenstelsels (t.o.v. de grijper) worden gebruikt. Hierdoor is het mogelijk om de montagetaak ook in onvoorziene situaties (b.v. bij hoekfouten) toch uit te voeren.

Naast krachtsensoren kunnen taktiele matrix sensoren in de grijper worden toegepast. Deze sensoren leveren een beeld van het contactvlak van het object met de grijper. Hiermee kan worden bepaald welk voorwerp is opgepakt, of het voorwerp stabiel is opgepakt en wat de relatieve positie is ten opzichte van de grijper.

Voor de implementatie was het noodzakelijk om een robotbesturingssysteem te ontwikkelen, omdat de huidige industriële besturingen zich niet lenen voor onderzoeksdoeleinden. Deze besturingen zijn gesloten, zodat het niet mogelijk is om de regelalgoritmen te wijzigen of externe sensoren in te passen. Een nieuw besturingssysteem op basis van transputers is ontwikkeld. De nadruk heeft hierbij gelegen op de modulaire opzet, het real-time karakter en de interfacing mogelijkheden.

Als laatste deel van het onderzoek zijn een aantal experimenten uitgevoerd om te testen of de ontwikkelde besturing inderdaad succesvol toegepast kan worden voor manipulatie. Hiervoor zijn de volgende experimenten uitgevoerd: contourvolgen, pen-gat montage en het assembleren van twee voorwerpen met een zwaluwstaartverbinding. Dit laatste is een onderdeel van een van de DIAC testprodukten. Zelfs als er een grote hoekfout optreedt in de oriëntatie van het gefixeerde voorwerp, wordt de montage nog steeds uitgevoerd. Het slagen van al deze experimenten geeft aan dat de besturing succesvol toegepast kan worden voor het uitvoeren van allerlei robotmanipulatietaken.

* * *

MAXIMUM WEIGHTED MATCHING FOR HIGH INDEX

DIFFERENTIAL ALGEBRAIC EQUATIONS

P.Bujakiewicz
15 juni 1994
Promotor: Prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch

Grote systemen dienen op een goed gestructureerde manier gemodelleerd te worden. In het geval van het modelleren van continue systemen vereist dit de formulering van een model in impliciete differentiaalvergelijkingen (Differential Algebraic Equations, DAE's). Moderne talen voor het modelleren van continue systemen, zoals Dymola, Omola of SPEEDUP hebben gekozen voor impliciete vergelijkingen als een basis element van de taal.

Hogere index DAE en problemen met zijn numeriek oplossen.
Ten gevolge van het modelleren met DAE's en ten gevolge van de vereenvoudigingen die normaliter in het modelleringsproces aanwezig zijn, kan een hogere index probleem ontstaan. Volgens de definitie van de perturbation index van een DAE is een hogere index DAE gekarakteriseerd door het feit dat zijn oplossing een gedifferentieerd ingangssignaal bevat. Tevens kunnen inconsistente beginwaarden, impulsen in de oplossing van hogere DAE's veroorzaken. Daardoor kent het proces van het numeriek oplossen van hogere index DAE's verscheidene complicaties. Deze zijn:
- De algebraïsche vergelijkingen die opgelost moeten worden in het proces van het Backward Difference Formula (BDF) oplossen van een DAE kunnen in het geval van hogere index DAE's een groot conditie nummer hebben.
- De relatie tussen de stap-grootte h en de locale fout is verschillen in het geval van ODE's en laag index DAE's enerzijds en hogere index DAE's anderzijds.
- Fouten die geïntroduceerd zijn door het numeriek oplossen van de algebraïsche vergelijkingen worden versterkt door de machten van 1/h, wat voor $h \rightarrow 0$ de fouten in de numerieke oplossing van hogere index DAE's vergroot.

Oplossingen.
In dit proefschrift worden gereedschappen beschreven die de complicaties beperken in het numeriek oplossen van hogere index DAE's.
Het schalen van vergelijkingen is geïntroduceerd, teneinde het 'condition number' van de algebraïsche vergelijkingen te reduceren. Hoewel theoretisch het voorgestelde schalen tot verbetering leidt hebben de simulaties die we tijdens ons onderzoek hebben gedaan, geen significante verbetering aangetoond.
De propagatie van de fouten is bestudeerd in het proces van het numeriek oplossen van hogere index DAE's met de BDF methode. Deze analyse heeft aangetoond dat machten van s in de elementen van de matrix $(Es+A)^{-1}$, corresponderend met een DAE in de vorm $Ex'+Ax=f(t)$, een goede maat zijn voor het bepalen van de numerieke complicaties. Belangrijk is dat de kennis van deze machten gebruikt kan worden voor het schalen van de foutschattingen in het stap-grootte controle algoritme in een routine voor het numeriek oplossen van DAE's. Met deze modificatie kan het stap-grootte controle algoritme, dat voor lagere index DAE's en ODE's ontworpen is, ook goed ('smooth') werken voor hogere index DAE's.
Uit deze analyse blijkt tevens dat de informatie over machten van s in de elementen van $(Es+A)^{-1}$ gebruikt kan worden om de verstoring te reduceren, die ontstaat ten gevolge van het numeriek oplossen van algebraïsche vergelijkingen. Deze reductie vindt plaats door het schalen van foutschattingen, die gebruikt zijn voor het stoppen van het iteratieproces in het numeriek oplossen van deze algebraïsche vergelijkingen.

Graaf algoritme voor het bepalen van machten van s in $(Es+A)^{-1}$.

Gemotiveerd door het feit dat al deze modificaties zijn gebaseerd op de kennis van machten van s in $(Es+A)^{-1}$ hebben we een graaf algoritme ontworpen en geïmplementeerd die deze machten voor elk element van $(Es+A)^{-1}$ determineert. Het algoritme is gebaseerd op 'maximum weighted matching' van bipartite grafen en kortste paden in gerichte grafen. Het algoritme genereert deze informatie op basis van de structuur van de elementen, die niet nul zijn in de matrices E en A. De rekentijd van het algoritme is van een polynomiale orde $(O(c.n^2\log(n)))$. Door zijn combinatorische karakter is het robuust voor numerieke complicaties.
Het toepassen van de, door het voorgestelde algoritme gevonden, schaling van de foutschattingen maakt het numeriek oplossen van index 2 en index 3 DAE's, met de numerieke routine (DASSL), oorspronkelijk ontworpen voor index 1 DAE's, mogelijk. Simulaties van diverse hogere index DAE's hebben aangetoond dat met deze modificaties de numerieke oplossing net zo efficiënt wordt, als simulaties van index 1 DAE's.
Het voorgestelde algoritme en de modificaties van de numerieke routine voor het oplossen van DAE's (DASSL) bieden de mogelijkheid een hogere index DAE rechtstreeks numeriek op te lossen, zonder dat zijn index verlaagd behoeft te worden door het symbolisch differentiëren en manipuleren van de vergelijkingen. Daardoor kan de gebruiker zich concentreren op het formuleren van zijn model zonder zich druk te maken over de beperkingen die door de bestaande numerieke routines geïntroduceerd zijn.

* * *

INTEGRATION OF SEGMENTATION AND STEREO MATCHING

Y. Zhang
16 juni 1994
Promotoren: prof. dr. ir. E. Backer en prof. dr. ir. G.H. Ligterink

Twee ogen of camera's die kijken naar dezelfde objecten vanuit verschillend perspectief verschaffen de middelen om driedimensionale vorm en positie te bepalen. Wetenschappelijk onderzoek naar dit effect wordt betiteld met termen als 'stereo vision' of 'stereopsis'. Stereo vormt een belangrijke methode voor machineperceptie omdat het leidt tot relatief rechtstreekse metingen doordat, in tegenstelling tot bij enkelbeeld technieken, hier diepte niet wordt afgeleid onder zwakke en niet verifieerbare fotometrische of statistische aannamen, en omdat er voorts geen specifieke gedetailleerde modelkennis over de objecten bij benodigd is.
Segmentatie en 'stereo matching' vormen twee essentiële stappen in stereo vision en zijn moeilijk op te lossen problemen. Binnen de traditionele benadering worden segmentatie en stereo vision gewoonlijk afzonderlijk behandeld. Het segmentatieproces - in dit proefschrift behandelen we alleen 'region based' segmentatie - beoogt te komen tot een opdeling van een beeld in gebieden die uniform en homogeen zijn ten aanzien van een of meerdere eigenschappen als grijswaarde en textuur. Segmentatietechnieken zijn in wezen ad hoc van karakter. Hun onderlinge verschil ligt in feite in de wijze waarop ze een of meer van de gewenste gebiedseigenschappen benadrukken en de wijze waarop ze de gewenste eigenschappen vervolgens tegen elkaar afwegen. De gebieden in een beeld onstaan niet alleen ten gevolge van de geometrische eigenschappen van de oppervlakken van voorwerpen, maar ook als gevolg van hun optische eigenschappen, de richting van het zonlicht, schaduwen etcetera. Verschillen in benadering van beeldmodellen en verschillende implementaties leiden tot een varieteit aan segmentatietechnieken. Veel onderzoekers hebben geconstateerd dat er niet één enkele methode bestaat die op zich een volledige segmentatie van een beeld kan leveren. Iedere methode echter kan mogelijk wel een deel van de informatie opleveren die nodig is voor een meer betekenisvolle interpretatie van de scene. Het is redelijk om te

verwachten dat er problemen op zullen treden bij het 'versmelten' (Eng: fusing) van resultaten afkomstig van verschillende methoden en uit verschillende bronnen, zoals in dit proefschrift de stereobeelden.
Stereo Matching is nodig om de resultaten van stereobeelden te kunnen combineren, maar daar staat tegenover dat hiervoor op zijn beurt weer een goede segmentatie vereist is. Onvolkomen segmentatie en mogelijke occlusie maken het moeilijk om gebieden in twee beelden als projecties van een en hetzelfde object te vergelijken. Om een goed matching resultaat te verkrijgen is het nodig deze gebieden na het matchen, nogmaals te segmenteren.
Uitgaande van bovenstaande constateringen stellen we een nieuw schema voor om segmentatie en stereo matching te integreren. Na een eerste region-based segmentatie wordt een kandidaat stereo matching uitgevoerd die gebieden uit het ene beeld toekent aan corresponderende gebieden uit het andere door middel van vorm overeenkomst (Eng: shape matching). Tijdens de volgende segmentatiestap wordt stereoinformatie meegenomen. Dit geschiedt door tijdens de afweging over het al dan niet samenvoegen van een gebied met aangrenzende gebieden in het beeld, ook de (stereo-) corresponderende gebieden van de kandidaten hierbij te betrekken. Deze matching wordt dan uitgevoerd gebruikmakend van intensiteits- en vorminformatie uit beide beelden. Tenslotte wordt een globale matching uitgevoerd waarbij de andere matchingscriteria zoals uniciteit, ordening en topologische relaties worden meegenomen.

Deel 1: Segmentatie
Hoofdstuk 2 en 3 houden zich bezig met de segmentatieproblematiek. We gebruiken he minimale beschrijvingslengte (Eng: Minimal Description Length (MDL)) principe om beeldintensiteiten te coderen en introduceren een robuuste schattingsmethode om het intensiteitsmodel van het beeld uit de beeldgegeven te bepalen. Tevens ontwikkelen we een aanpak voor een op vormcriteria gebaseerde segmentatie die 'region-growing' en 'region boundary fitting' integreert. Het vormmodel dat gebruikt wordt bestaat uit een gesloten polygoon gerepresenteerd door een aantal gladde segmenten. Om vorm voorwaarden te verkrijgen introduceren we een methode voor optimale curve passing (Eng: curve fitting) die de techniek van extremadetectie met een splitsingsmethode combineert.

Deel 2: Lokale matching
Hoofdstuk 4,5 en 6 behandelen de lokale matching waarbij slechts de lokale attributen van beeldgebieden in ogenschouw worden genomen. Om een nauwkeurige matching van de grenzen van stereogebieden te verkrijgen wordt een methode beschreven voor het oplossen van het stereo matching probleem voor het algemene geval van gesloten vlakke curven onder de conditie van mogelijk onvolkomen segmentatie en aanwezige occlusies, uitgaande van gegeven cameraparameters.
De methode berekent parameters gerelateerd aan een plat objectvlak, dat wil zeggen: de hellingshoeken (Eng: slant en tilt) en schaalfactor, en benut een histogramtechniek om deze parameters te schatten. De parameterschatting is gebaseerd op de dispariteitsinformatie van de curven. Punt-correspondentie speelt een belangrijke rol in de methode. We lossen het probleem op met behulp van van dynamisch programmeren. De uiteindelijke matching wordt vastgesteld door het toepassen van een afstands-transformatie (Eng: distance transformation).
Omdat aan elk beeld gebiedje een aantal attributen toegekend zijn, dient het probleem van het samenvoegen van stereoaanwijzingen aangepakt te worden binnen de lokale matching stap. In dit proefschrift gebruiken we de theorie van vage maten (fuzzy measure) en vage integralen (fuzzy integral). De vage maat- en integraaltheorie leveren een algemeen raamwerk voor het representeren en samenvoegen van multi-criteria informatie. Uitgaande van de ideeën van Yager generaliseren we de vage integraaltheorie om aldoende een verscheidenheid aan aggregatiefuncties te verkrijgen. Een groot probleem verbonden aan het gebruik van vage maat en integraal vormt het juist identificeren en bepalen van de vage maat. We ontwikkelen een leerprocedure om nauwkeurige formules te verkrijgen bedoeld voor XS informatiefusie.
Hoofdstuk 6 bevat een gedetailleerde discussie omtrent de integratie van segmentatie en stereo matching. De introductie van terugkoppeling stelt het voorgestelde systeem in staat de matching resultaten terug te sturen naar de hersegmentatietrap om zodoende het segmentatieresultaat te verbeteren en bijgevolg het matchingsresultaat.

Deel 3: Globale matching
De globale matching, waarin de topologische informatie en andere matching criteria in rekening worden genomen, zijn onderwerp van bespreking in hoofdstuk 7. De lokale matching vergelijkt slechts de lokaal gedefinieerde attributen van stereogebieden. Het kan voorkomen dat de lokale matching meerdere match mogelijkheden oplevert, d.w.z. een enkel gebied uit bijvoorbeeld het linker beeld kan meerdere gebieden uit het rechterbeeld toegewezen krijgen. Het doel van de globale matching is om unieke matches te verkrijgen met inachtneming van topologische en andere beperkingen. We formuleren globale matching als een relaxatieprobleem. Daartoe modificeren we de traditionele relaxatiemethode op enkele punten om aan onze wensen tegemoet te komen: 1) in de 'support' functie wordt een zachte drempel toegepast om slechte matches te onderdrukken en mogelijke goede matches te bevorderen; 2) een balansfactor wordt opgevoerd om de invloed te sturen tussen de topologische beperkingen en de initiële waarschijnlijkheden afkomstig uit de lokale matching.
In dit hoofdstuk worden de uiteindelijke resultaten van dit proefschrift gepresenteerd.

* * *

ELECTROMAGNETIC SOFT TRANSITION; a method for programming transitions in electronically controlled induction motor drives.

F.G. de Beer
27 juni 1994
Promotor: prof. dr. ing. W. Deleroi.

De asynchrone machine wordt veelvuldig toegepast in combinatie met een vermogensomzetter als aandrijfsysteem. Door het genereren van de statorstroom of statorspanning van de asynchrone machine, bestuurt de vermogensomzetter het elektromagnetische gedrag van de machine. Dit elektromagnetische gedrag komt tot uiting in de magnetische flux en het elektromagnetische koppel van de machine. Bijvoorbeeld, een verandering in de statorspanning verandert de flux of het koppel volgens het vierde orde stelsel van lineaire differentiaalvergelijkingen, dat de asynchrone machine modelleert. Een abrupte stap-vormige verandering in de statorspanning zal echter doorgaans leiden tot een inslingerverschijnsel met aanzienlijke en ongewenste slingeringen in de stromen en het koppel.
Het onderzoek heeft tot doel het analyseren van een transitie tussen twee stationaire werkpunten, met veranderende flux en koppel. Het uitgangspunt en het eindpunt hebben tijdelijk constante elektromagnetische grootheden. Gedurende de transitie moeten de stromen en fluxen van waarde veranderen. De vermogensomzetter moet de transitie in de asynchrone machine zodanig sturen dat zich geen inslingerverschijnselen voordoen en de statorstroom en statorspanning tijdens de transitie in grootte beperkt blijven.
Bij de aansluiting van de transitie op het voorafgaande en het opvolgende stationaire werkpunt zullen de flux en de stromen altijd een tijdscontinu verloop hebben. Normaal wordt het verloop van de flux en de stromen beschre-

ven door de som van de particuliere oplossingen en de homogene oplossingen van de lineaire differentiaalvergelijkingen. Tot aan het aansluitpunt is een particuliere oplossing geldig en direkt na het aansluitpunt bestaat er een andere particuliere oplossing. Het verschil tussen deze twee particuliere oplossingen is gelijk aan de aangestoten homogene oplossing, die de inslingerverschijnselen beschrijft. Aangezien de inslingerverschijnselen vermeden dienen te worden moet een transitie alleen beschreven worden door particuliere oplossingen en de homogene oplossing moet nul zijn. Een transitie moet uit een voldoende aantal particuliere oplossingen bestaan om de fluxen en stromen te laten aansluiten op het voorafgaande en het opvolgende stationaire werkpunt, zonder dat daarbij homogene oplossingen worden aangestoten.

Het vierde orde stelsel van differentiaalvergelijkingen heeft een minimum aantal van drie particuliere oplossingen nodig om de transitie met de stationaire werkpunten te verbinden zonder inslingerverschijnselen. Er kunnen particuliere oplossingen als zijbanden worden toegevoegd om vrijheidsgraden te creëren. Deze vrijheidsgraden worden gebruikt voor het vermijden van discontinue sprongen in de stator spanning, of voor het verlagen van de piekwaarden van de statorstroom en statorspanning gedurende de transitie.

Om de transitie zonder inslingerverschijnselen te kunnen genereren moet de statorspanning of statorstroom gedurende de transitie gemoduleerd worden. De voedende vermogensomzetter moet daarom in staat zijn snelle veranderingen van spanning en stroom te realiseren.

Bij het berekenen van de gemoduleerde transitie wordt een model van de machine gebruikt. Afwijkingen tussen model en reële motor stoten homogene oplossingen aan. Ook afwijkingen in de statorspanning en statorstroom, door het niet ideale gedrag van de vermogensomzetter, stoten homogene oplossingen aan. De amplitude van deze homogene oplossingen zijn echter in de praktijk relatief klein ten opzichte van de amplitudes van de particuliere oplossingen zodat zij geen merkbare invloed uitoefenen. Het sturen van de statorstroom in plaats van de statorspanning, reduceert de orde van het stelsel lineaire differentiaalvergelijkingen en veroorzaakt inslingerverschijnselen met een kleinere koppelpulsatie en een geringere demping. Het toerental mag gedurende de transitie en de stationaire werkpunten veranderen zonder dat daarbij inslingerverschijnselen optreden.

Door een extra rotor tak aan het machine model toe te voegen kan de stroomverdringing in de rotor gemodelleerd worden. Deze stroomverdringing treedt op doordat tijdens de transitie particuliere oplossingen met een hogere rotorfrequentie voorkomen dan tijdens een stationair werkpunt. De extra tak verhoogt de orde van de lineaire differentiaalvergelijkingen van vier naar zes. De minimum aantal particuliere oplossingen dat nu nodig is om de transitie op de stationaire werkpunten te laten aansluiten, is gelijk aan vijf, één minder dan het ordegetal. Deze transitie vereist een hoger piekvermogen dan de oorspronkelijke transitie met drie oplossingen. De keuze tussen de twee modellen is een afweging tussen het piekvermogen dat de vermogensomzetter moet leveren en de acceptatie van kleine inslingerverschijnselen. In praktijk zal doorgaans voor het model zonder stroomverdringing worden gekozen, aangezien er nog andere foutbronnen in het systeem aanwezig zijn.

Door de sommatie van de minimaal drie particuliere voedingsspanningen met verschillende frequenties moet de vermogensomzetter tijdens de transitie een hogere uitgangsstroom en uitgangsspanning genereren dan tijdens het begin- en eindpunt. De benodigde verhoging van stroom en spanning neemt toe naar mate de transitieduur verkort. Het maximale spannings- en stroomniveau van de vermogensomzetter begrenst de transitieduur.

Het regelcircuit voor de flux en het koppel dient aangevuld te worden met de transitietheorie. Het regelcircuit functioneert dan als een filter dat stap-vormige veranderingen in de referentiesignalen voor koppel en flux afzwakt naar geleidelijk verlopende variaties.

Als een experimentele verificatie is een aandrijfsysteem gerealiseerd, dat de hoekpositie van de rotor regelt. Een sliding-mode regelcircuit genereert een pulsbreedte gemoduleerd referentiesignaal voor het koppel, gebaseerd op de gemeten snelheid en positie. Het met de transitietheorie aangevulde regelcircuit zorgt voor een koppel dat zo snel mogelijk het pulsgemoduleerde referentiesignaal volgt.

Deze transitietheorie kan ook op andere systemen, beschreven door lineaire differentiaalvergelijkingen, worden toegepast om gedefinieerd en zonder inslingerverschijnselen van een werkpunt naar een ander werkpunt te komen in de kortste tijdsduur.

* * *

EFFECTS OF CORRELATED INTERFERERS IN MULTI-USER RADIO SYSTEMS

A. Safak-Özkeser
28 juni 1994
Promotor: prof. dr. J.C. Arnbak

Dit proefschrift is gebaseerd op een aantal publikaties van de auteur. Het bevat een studie naar de invloed van gecorreleerde stoorders op de prestatie van radiosystemen voor mobiele gebruikers. In een dergelijk systeem ondergaan de signalen Rayleigh-fading (fluctuaties) en log-normale schaduwwerking als gevolg van natuurlijke accidentatie, zoals heuvels, en door kunstmatige obstakels, zoals gebouwen, die in de directe radioweg tussen het basisstation en ieder van de mobiele stations staan. Er is een model van deze propagatieverschijnselen nodig voor realistische prestatieberekeningen en om verbeteringen in het ontwerp van deze systemen mogelijk te maken. Meerwegsignalen die aan Rayleigh-fading onderhevig zijn, zijn ongecorreleerd, omdat de fading op ieder van de wegen onafhankelijk is. Metingen wijzen echter uit, dat radiosignalen die door één en hetzelfde obstakel worden afgeschermd, in min of meerdere mate gecorreleerd zijn. Dit verschijnsel treedt met name op in dichtbebouwde gebieden.

Het propagatiemodel is systeem-georiënteerd. Het beschrijft een gewenst signaal en enkele andere, storende signalen. Deze stoorsignalen kunnen hetzij afkomstig zijn van continue transmissies in naburige cellen op kanalen met dezelfde frequentie als die van het gewenste signaal of van transmissies in de cel zelf, die nu en dan met het gewenste signaal wedijveren on het gebruik van het gedeelde kanaal. De optelling van de vermogens van signalen onderhevig aan Rayleigh-fading en log-normale schaduwwerking leidt tot cumulatieve storing. Door uitbreiding van de methode van Schwartz en Yeh die van toepassing is op ongecorreleerde stoorders, wordt het wiskundige gereedschap verkregen om het gemiddelde en de variantie van een som van de vermogens van een eindig aantal gecorreleerde log-normale stoorders te berekenen. De correlatie tussen de signalen blijkt een grote invloed op de vermogenssom van log-normale stoorders te hebben. Het gemiddelde en de variantie van het somvermogen wordt onderzocht als functie van de correlatie-coëfficiënten tussen de signaalcomponenten, het aantal componenten alsmede het gemiddelde en de variantie van de signaalcomponenten.

Een van de prestatiematen van cellulaire radiosystemen is de PCI (Probability of Co-channel Interference). Dit is de kans op storing tengevolge van een transmissie op dezelfde frequentie in een naburige cel. De PCI is gedefinieerd als de kans dat de verhouding van het ontvangen vermogen vanaf het gewenste kanaal en het cumulatieve stoorvermogen van n stoorders minder is dan een bepaalde drempelwaarde, de co-channel protection ratio. Dit laatste getal wordt bepaald door de ontvangerkarakteristieken en de gekozen modulatiemethode. Schaduwwerking en fading kunnen de systeemprestaties aantasten, doordat ze een beduidende toename van de PCI veroorzaken. In dit verband kan de studie naar de invloed van signaalcorrelatie een waardevol inzicht in de systeemprestatie geven, wat kan leiden tot het ontwerp van

een robuuster, rendabeler en betrouwbaarder systeem. De resultaten van deze studie tonen duidelijk aan dat correlatie tussen de signalen uit naburige cellen de negatieve invloed van schaduwwerking en fading deels compenseren, hetgeen een verbetering van de systeemprestatie tot gevolg heeft.
Deze methode werd gebruikt om de PCI te berekenen in een situatie met enkel log-normale schaduwwerking en een situatie met zowel schaduwwerking als fading. De systeemparameters werden gevarieerd binnen het bereik van waarden dat voor cellulaire radiosystemen relevant is. Op deze manier werd aangetoond dat de PCI groter wordt met een toenemende variantie van het log-normaal verdeelde stoorvermogen. Correlatie tussen de signalen resulteert in een beduidende afname van de PCI, en deze afname is des te sterker naarmate de varianties van de afzonderlijke signaalcomponenten groter worden. Voor gelijke correlatie heeft een grotere variantie van de afzonderlijke signaalcomponenten overigens een hogere PCI tot gevolg. Het in beschouwing nemen van zowel fading als schaduwwerking gaat gepaard met een toename van de PCI in vergelijking tot de situatie met alleen schaduwwerking. De invloed van correlatie op de PCI wordt gerelateerd aan de genormeerde frequentie-hergebruik-afstand, de clusteromvang en de spectrum-efficiëntie. De belangrijkste conclusie luidt dat de correlatie tussen signalen uit naburige cellen een kortere hergebruik-afstand, een kleinere clusteromvang en een hogere spectrum-efficiëntie toestaat dan in het ongecorreleerde geval. Er kan gesteld worden, dat de prestaties van cellulaire radio beter zijn in een situatie waar schaduwwerking en correlatie optreedt dan in een situatie waar dat niet het geval is.
Fading en schaduwwerking spelen eveneens een belangrijke rol bij de verzending van datapakketten via de gedeelde kanalen van een mobiel datanet. Anders dan bij cellulaire telefonie, is storing hier voornamelijk het gevolg van pakkettransmissie van medegebruikers van de cel, die in hetzelfde tijdsinterval de ontvanger van het basisstation voor zich op trachten te eisen. Wanneer verschillende gebruikers hun pakket tegelijkertijd proberen te verzenden, vindt er een zogenaamde botsing plaats en moeten de gebotste pakketten opnieuw uitgezonden worden, net zolang tot alle pakketten goed ontvangen en als zodanig gekweten zijn. Welk pakket de ontvanger van het basisstation verkrijgt, hangt in belangrijke mate af van fading, schaduwwerking en correlatie tussen de pakketten. De invloed van correlatie tussen de pakketten op de prestatie van synchrone ALOHA kanalen in mobiele datanetten wordt bestudeerd in een situatie met Rayleigh fading en log-normale schaduwwerking. In tegenstelling tot cellulaire telefonie, leidt de aanwezigheid van fading en schaduwwerking tot een beduidende toename van de capaciteit van ALOHA kanalen, terwijl de correlatie tussen pakketten een aanzienlijke reductie hiervan met zich meebrengt.

IDENTIFICATION AND CONTROL OF A FED-BATCH PROCESS; APPLICATION TO CULTURE OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE

M.L.B. Keulers
2 september 1993
Promotoren: prof. dr. ir. P. Eykhoff en prof. dr. ir. A.C.P.M. Backx

De produktie van bakkersgist is niet alleen belangrijk voor de bakker. In de industrie worden meer en meer producten gemaakt met behulp van gist. Dit zijn onder meer enzymen, geur- en smaakstoffen en proteïnen. De meet- en regel-ingenieur moet er onder meer voor zorgen dat de procescondities gunstig zijn zodat de productie van bovengenoemde producten kan plaatsvinden. Het promotieonderzoek omvat modelleren, identificatie en regeling van de productie van Saccharomyces cerevisiae (bakkersgist).

Voordat we kunnen modelleren, identificeren of regelen dienen we het proces zelf grondig te bestuderen. Het proces is zowel niet-lineair als tijd-variant. Er is onderzoek gedaan naar proces-, opnemer- en regelaar-karakteristieken. Dit is onder meer gedaan om de limitaties van het proces voor identificatie en regeling te weten te komen.

Zowel de "batch" als de "fed-batch" groei van Saccharomyces cerevisiae zijn gemodelleerd en de modellen zijn gevalideerd met data uit laboratorium-experimenten. Dit zijn modellen op fysische en fysiologische grondslag. De modellen zijn gebruikt als simulatiemodellen om identificatie- en regelstrategieën te testen voor gebruik op laboratorium-schaal.

Het doel van dit werk is het regelen van de groei van Saccharomyces cerevisiae. Om het proces te kunnen regelen dienen er regelmodellen gemaakt te worden. Rond een werkpunt van het proces is een lineair model gemaakt door toepassing van niet-lineaire compensatie van bekende niet-lineaire verschijnselen. Dit is gedaan met beproefde identificatietechnieken. De manier van toepassen van deze technieken is nieuw in de biotechnologie. Verder is een aantal niet-lineaire identificatietechnieken (onder meer: "Volterra kernels", "Radial Basis Functions" en niet-lineaire modellen lineair-in-de-parameters) toegepast op het proces en hieruit is een aantal modellen afgeleid. Dit zijn voorspellende modellen; als regelaarmodellen voor dit proces zijn ze minder zinvol.

Om regelstrategieën te kunnen toepassen is het wenselijk dat niet meetbare procesparameters, zoals gistconcentratie en groeisnelheid, gemodelleerd worden. Tot dusver is het niet mogelijk gebleken de specifieke groeisnelheid van de gist te modelleren. De specifieke groeisnelheid beschrijft de groei van de gist en is dus een belangrijke procesvariable. Door middel van een "observer" kan er een schatting van de specifieke groeisnelheid gemaakt worden. Dit gebeurt met een eenvoudige maar doeltreffende strategie, gebruik makend van gemeten procesdata.

Met behulp van deze schatter is een regelaar voor de oxidatieve en de fermentatieve groei van Saccharomyces cerevisiae ontworpen. De regelaar is op laboratorium-schaal getest en er zijn goede resultaten voor de oxidatieve groei behaald. Tijdens het gebruik van deze regelaar zijn er nieuwe, onverwachte dynamische effecten opgetreden.

* * *

MODELING OF HOT-ELECTRON EFFECTS IN SI MOS DEVICES

P.J.H.Elias
20 september 1993
Promotoren: prof. dr. F.M. Klaassen en prof. dr. K. de Meyer

De Metaal-Oxide-Silicium Veld-Effekt-Transistor (MOSFET) kan met recht het werkpaard van de moderne IC-technologie genoemd worden. Meest opvallend in de ontwikkeling van de MOSFET gedurende de afgelopen tien jaar, is de verkorting van het aktieve gebied tot diep in het submikron-gebied. Echter, in deze kort-kanaal MOSFETs is de fysica aanmerkelijk meer complex. Op de eerste plaats winnen de aktieve ladingsdragers veel energie als gevolg van de corresponderende hoge en steile piek in het elektrisch veld en gaan de zogenaamde hete-ladingsdragerseffekten een belangrijke rol spelen in het transistorgedrag. Ten tweede worden de quantumeffekten belangrijker.

Het doel van dit proefschrift is het verkrijgen van meer inzicht in de hete-elektroneneffekten in submikron silicium n-kanaals MOSFETs door middel van simulaties. In deze simulaties worden o.a. de verdeling van de elektronentemperatuur en de generatie van extra ladingsdragers als gevolg van ladingsvermenigvuldiging in de MOSFETs berekend. Ook de stromen aan de contacten worden berekend, in het bijzonder de substraatstroom, die een maat is voor de totale vermenigvuldigingsgeneratie. De verkregen simulatieresultaten worden vergeleken met experimentele data, die verkregen zijn van andere onderzoeksinstituten (in het bijzonder van het Philips Natuurkundig Laboratorium). Uiteindelijk kan dit onderzoek leiden tot verdere verbetering van de MOS transistoren in de toekomst.

Veel werk is besteed aan het numeriek oplossen van de Boltzmann transportvergelijking, waarin de hoge-elektroneneffekten meegenomen worden. In principe zijn er twee verschillende methoden beschikbaar om de transportvergelijking op te lossen. Eén is de Ensemble Monte Carlo methode, waarin een groot aantal simulatie-elektronen gevolgd worden op hun weg door de transistor. Het grote voordeel van de Monte Carlo methode is dat gekompliceerde bandenstrukturen, verstrooiingsmechanismen en ook allerlei quantumeffekten meegenomen kunnen worden. Maar dit voordeel heeft ook zijn prijs: de Monte Carlo methode vergt zeer veel rekentijd en geheugenruimte. Bovendien is de methode behept met ruis.

De tweede methode, de hydrodynamische, is een uitbreiding van de veel gebruikte drift-diffusie methode, waarbij nu de eerste drie momenten van de Boltzmann transportvergelijking als uitgangspunt genomen worden. De hydrodynamische methode is sneller en produceert minder ruis dan de Monte Carlo methode. In dit proefschrift is dan ook de voorkeur gegeven aan het hydrodynamisch model. Het belangrijkste nadeel is echter dat dit model impliciet een verschoven, asymmetrische Maxwell-Boltzmann verdelingsfunktie veronderstelt. Daardoor is het toepassingsgebied in theorie kleiner dan dat van de Monte Carlo methode. Onze simulaties tonen aan dat dit in de praktijk nogal meevalt, en dat de hydrodynamische methode tot diep in het submikron-gebied bruikbaar is. Helaas is echter ook gebleken, dat deze methode nog ernstige convergentieproblemen heeft.

Hoewel de Ensemble Monte Carlo methode in dit proefschrift niet gebruikt wordt voor de simulatie van MOSFETs, is, om de transportparameters als funktie van de elektronenenergie te kunnen beschrijven, wel een Monte Carlo simulator ontwikkeld voor bulkmateriaal. De resultaten laten een vrijwel li-

neaire relatie zien tussen de gemiddelde elektronenenergie en het aangelegde veld; bovendien is een konstante energie-relaxatietijd van ongeveer 0.4 picosekonde gevonden. De gevonden waarden zijn praktisch onafhankelijk van de aanwezige verontreinigingskoncentratie.

Bovendien is een Monte Carlo één-dimensionale devicesimulator ontwikkeld voor de studie van het elektronentransport in diodestrukturen. Resultaten verkregen met deze simulator zijn vergeleken met een hydrodynamische simulator. Hierbij blijkt dat de warmtestroming in het hydrodynamische model beter beschreven wordt door een adiabatisch model dan door het vaker gebruikte Wiedemann-Franz model.

Vervolgens is een quasi twee-dimensionale hydrodynamische MOSFET simulator ontwikkeld. In deze simulator zijn de transportparameters als funktie van de lokale elektronenenergie beschreven. Gebruikmakend van het adiabatische warmte-stromingsmodel, in combinatie met de vermenigvuldigingsparameters aan het Si-SiO_2 grensvlak, zoals gedefinieerd door Slotboom, zijn de berekende substraatstromen in goede overeenstemming met de experimentele data.

Daarnaast is de twee-dimensionale simulator TRENDY, ontwikkeld aan de Universiteit van Twente, verbeterd en aangepast aan ons specifieke probleem. De substraatstromen berekend met TRENDY zijn veel lager dan de experimentele waarden. Dit komt doordat in TRENDY het Wiedemann-Franz model gebruikt is. Betere resultaten worden waarschijnlijk verkregen als een goed discretisatie-schema voor het adiabatische model gevonden is.

Tenslotte heeft verder onderzoek aangetoond dat resultaten, verkregen met behulp van een drift-diffusie oplossing, in combinatie met een post-processor om de elektronentemperatuur te berekenen, een zeer bruikbare eerste-orde benadering oplevert van de hete-elektroneneffekten.

* * *

GENERALIZED DATA FLOW GRAPHS - THEORY AND APPLICATIONS

G.G. de Jong
8 oktober 1993
Promotoren: prof. Dr.-Ing. J.A.G. Jess en prof. dr. ir. Th. Krol

Het toepassingsgebied van de concepten die in dit proefschrift worden gedefinieerd, en van de theorema's en eigenschappen die worden bewezen, is het automatisch genereren van geïntegreerde schakelingen. Uitgaande van een hoog niveau beschrijving van de specificatie van de functie van een systeem, leidt hoog niveau synthese tot een netwerkgraaf, dat wil zeggen een beschrijving op structuur-, of register-transfer, niveau, en een controle-graaf, die definieert welke modulen actief zijn op welk moment. De netwerkgraaf is het belangrijkste resultaat van de allocatie-fase, terwijl de controle-graaf het resultaat is van de scheduling fase. De hoog niveau beschrijving is veelal een programma of een algoritme die de functie van het te ontwerpen systeem beschrijft. Het data flow graaf concept is een zeer geschikt formalisme voor synthese, omdat het alle noodzakelijke details bevat die nodig zijn om synthese te bedrijven, zonder rekening te hoeven houden met specifieke syntactische constructies van een taal. Het is daarom een algemeen formalisme. Een data flow graaf legt ook geen andere beperkingen op aan de uitvoering van het systeem dan die voorgeschreven zijn door de data afhankelijkheden in de hoog niveau beschrijving.

In dit proefschrift is het data flow graaf concept uitgebreid met takken die meer dan één eindpunt en (meer dan één) beginpunt hebben, de zogenoemde hypertakken. Data flow grafen hebben normaal gesproken alleen maar takken met één begin- en één eindpunt. Het toestaan van takken met meerdere eindpunten leidt niet tot een grotere expressiviteit, maar van takken met meerdere beginpunten wel. Deze laatste takken leiden tot het begrip "keuze". Op deze manier is een netwerk een speciaal geval van deze veralgemeniseerde data flow grafen, namelijk die in welke alle knopen zijn gedefinieerd als verschillende soorten hardware modulen in plaats van door een bepaald soort abstract gedrag. De takken met meerdere eind- en beginpunten in de data flow graaf zijn gelijk aan netten in een netwerk. Ook wordt aangetoond dat de controle-graaf een abstractie is van de beschouwde data flow graaf. Daarom is hoog niveau synthese een graaftransformatie op het data flow graaf niveau. Scheduling blijkt dan een partitionering van de flow graaf te zijn, welke geïmpliceerd wordt door het aanbrengen van volgorde-takken. Volgorde-takken hebben in principe dezelfde functie als de normale data-takken, namelijk zij stellen een data precedentie relatie voor. Een andere belangrijke taak van hoog niveau synthese is het minimaliseren van het aantal multiplexers en demultiplexers. De (de)multiplexers worden geïntroduceerd door de scheduling (in welke zij meestal niet eens expliciet genoemd worden), en door de controle statements in de specificatie, zoals de if en de while. Ook scheduling is een graaftransformatie waarvan bewezen kan worden dat zij gedragsbehoudend is. Met de hier gepresenteerde concepten zijn een aantal eisen geformuleerd onder welke synthese resulteert in een goed werkend en equivalent gedragend netwerk, en waarin het systeem alleen beperkt wordt in het aantal executie-volgordes. Deze eisen blijken minder restrictief te zijn dan die van bestaande synthesesystemen. Dit geeft de mogelijkheid om betere oplossingen te vinden.

Gewone data flow grafen kunnen beschouwd worden als "marked Petri nets", terwijl keuze inbegrepen is in het hier gepresenteerde veralgemeniseerde data flow graaf concept, hetgeen tot mogelijk niet-determinisme leidt. In principe is het begrip conflict ook toegevoegd. De meeste resultaten veronderstellen een conflict-vrije flow graaf, omdat conflict niet voorkomt in het toepassingsgebied van hoog niveau synthese. Conflict wordt echter wel beschouwd in één van de belangrijkste resultaten, namelijk de reductietechniek om zo weinig mogelijk van de bereikbare toestandsruimte van een data flow graaf te berekenen. Deze techniek wordt anticipatie genoemd. Het is bijvoorbeeld bewezen dat een keuze-vrije graaf deterministisch is, en dat maar één toestandsreeks van de bereikbare toestandsruimte nodig is om het gedrag van de flow graaf te bepalen. Een paar executie-volgordes zijn maar nodig, wanneer de data-flow graaf niet keuze-vrij is. Omdat conflict in gewone, dat wil zeggen ongeïnterpreteerde, Petri netten en keuze in data flow grafen elkaars duale zijn, is hetzelfde resultaat geldig voor Petri netten.

Verscheidene semantieken zijn gedefinieerd voor de veralgemeniseerde data flow grafen: een operationele semantiek en twee denotationele semantieken. Eén denotationele semantiek modelleert alleen maar het (input-output) gedrag van een flow graaf, terwijl de andere ook de verschillende executievolgordes representeert, dat wil zeggen het interne gedrag. Een andere denotationele semantiek die gepresenteerd wordt is gebaseerd op een proces algebra. Van al deze semantieken wordt bewezen dat ze equivalent aan elkaar zijn, en dat zij gelijk zijn aan de semantieken zoals die gedefinieerd zijn voor gewone, dat wil zeggen keuze-vrije, data flow grafen. Met deze semantieken zijn enkele eigenschap-behoudende transformaties gedefinieerd, die hoofdzakelijk gebruikt worden in hiërarchische expansie van knopen en voor abstractie.

Verder zijn er enkele voorbeelden gegeven om de afwezigheid aan te tonen van enige andere beperking dan de data afhankelijkheden zelf in het data flow graaf concept. Deze voorbeelden tonen ook de kracht van de anticipatie strategie, zelfs voor Petri netten, en illustreren enkele andere theorema's. Ook is er aangetoond hoe data flow grafen gebruikt kunnen worden voor specificaties welke op het eerste gezicht botsen met het data flow principe, zoals het geval is voor bepaalde constructies die veelal voorkomen in parallelle programma's en in specificaties waarbij controle de belangrijkste rol speelt.

Ook wordt een techniek beschreven die gebruikt kan worden om eisen aan welke een systeem moet voldoen, en die geen deel uitmaken van de functio-

nele specificatie, te verifiëren. Voorbeelden van zulke extra eisen zijn het niet optreden van deadlock en de afwezigheid van "verhongering" voor een verzameling van samenwerkende flow grafen. De gebruikte techniek is "model checking" van temporele logische formules. Temporele logica staat een grote verscheidenheid van eigenschappen toe om te controleren, en is niet beperkt tot de klassieke eigenschappen van liveness en safeness in Petri netten. Een uitbreiding op deze eigenschappen van "model checking" is gepresenteerd, waarbij beperkingen worden aangedragen waaronder het beschouwde systeem aan (de) bepaalde extra eisen zou kunnen voldoen, voorzover mogelijk. Deze suggesties zijn in de vorm van extra volgorde-takken, zodat alleen het zich correct gedragende deel van de toestandsruimte bereikbaar is.

* * *

A SYSTEM FOR AUTOMATIC ALARM LIMIT SETTING IN ANESTHESIA

J.H.M. van Oostrom
1 december 1993
Promotoren: prof. dr. ir. J.E.W. Beneken en prof. J.S. Gravenstein M.D. Dr. h.c.

Doelstelling.
Het automatisch instellen van alarmgrenzen voor patiëntbewaking tijdens anesthesie, gebaseerd op beschikbare informatie over de patiënt en de operatie.
Probleembeschrijving.
Patiëntbewaking tijdens anesthesie bestaat normaliter uit meting van hartslag, systolische en diastolische bloeddruk, eind expiratoire CO_2 concentratie, en zuurstofsaturatie van het arteriële bloed. Alarmgrenzen (boven en onder) worden ingesteld om de anesthesist te waarschuwen voor variabelen die ontoelaatbare waarden aannemen. Deze alarmgrenzen worden per patiënt bepaald, gebaseerd op over die patiënt beschikbare informatie, voornamelijk de preoperatieve evaluatie en de kennis en ervaring van de anesthesist.
Het is veel werk om alle alarmgrenzen in te stellen, gezien het aantal gebruikte monitors in de operatiekamer. Vaak worden dan ook geen alarmgrenzen ingesteld, of worden standaard fabrieksinstellingen of de grenzen van de vorige operatie gebruikt.
De meeste ziekenhuizen hebben tegenwoordig geïntegreerde netwerksystemen die laboratoria, klinieken en operatiekamers met elkaar verbinden. Het wordt dan mogelijk om elektronische patiëntgegevens te gebruiken in patiëntbewakingsapparatuur. Intelligente patiëntbewakingsapparatuur en andere systemen zoals Kwaliteits Kontrole systemen en automatische "record keepers" moeten ook weten wat acceptabele alarmgrenzen voor de patiëntvariabelen zijn.
Wij hebben een systeem ontworpen dat informatie van de preoperatieve evaluatie verwerkt en, gecombineerd met kennis over anesthesie van de anesthesist, een aanbeveling voor alarmgrenzen geeft.
Methoden.
Met een systematische aanpak hebben wij een systeem ontworpen, gebaseerd op het OSI referentiemodel, dat data kan opnemen van verschillende intraoperatieve patiëntbewakingsapparatuur. Wij hebben gedocumenteerd hoe de anesthesist alarmgrenzen gebruikt, en hoe patiëntvariabelen deze grenzen overschrijden. Informatie over hoe alarmgrenzen worden ingesteld komt uit twee bronnen: de preoperatieve evaluatie en de kennis en ervaring van de anesthesist. De belangrijkste data van de preoperatieve evaluatie zijn aangegeven door experts. Omdat patiënten met gelijke of gelijkwaardige data dezelfde grenzen behoeven, zijn patiëntengroepen gevormd, op basis van de preoperatieve data, om de selectie van geschikte grenzen mogelijk te maken. De groepen zijn gevormd door de "K-means clustering" techniek toe te passen op genormaliseerde preoperatieve patiëntgegevens, en zijn vervolgens geëvalueerd door ervaren anesthesisten. Een reeks alarmgrenzen is afgeleid voor elke patiëntengroep door ervaren anesthesisten te vragen welke grenzen geschikt zijn voor een bepaalde patiënt. De alarmgrenzen voor elke groep worden gevormd door het gemiddelde te nemen van de door de experts aangegeven grenzen voor die groep. De patiëntengroepen zijn geëvalueerd door te bepalen of de alarmgrenzen tussen de groepen verschillend waren. De grenzen aanbevolen door ons systeem zijn vergeleken met de grenzen die anesthesisten aangaven tijdens de operatie.
Resultaten.
De informatie van de preoperatieve evaluatie die belangrijk bleek voor het selecteren van alarmgrenzen was: leeftijd, gewicht, preoperatieve systolische bloeddruk, preoperatieve hartslag, ASA status, relatieve waarde van de operatie, probleemindex voor bloeddruk (gebaseerd op aanwezigheid van beroerte, shock of aneurysma) en een probleemindex voor hartslag (gebaseerd op de aanwezigheid van vernauwing van de kransslagaderen, schildklieraandoening of hartblok).
K-means groepering van deze parameters voor 5916 patiënten heeft in eerste instantie acht groepen opgeleverd. Ervaren anesthesisten hebben alarmgrenzen (boven en onder) aangegeven voor systolische en diastolische bloeddruk, hartslag, zuurstofsaturatie van het arteriële bloed, en eindexpiratoire CO_2 concentratie voor 106 patiënten, verdeeld over die acht groepen, tijdens de maintenance fase van de anesthesie.
Na evaluatie van de verschillen in de alarmgrenzen voor de verschillende groepen, bleven zes groepen van grenzen over (twee paar groepen zijn gecombineerd omdat zij dezelfde grenzen behoeven).
Wij hebben de grenzen, aangegeven door ons systeem, vergeleken met de grenzen geselecteerd door anesthesisten in de operatiekamer. 76% van de door ons systeem aangegeven grenzen waren binnen 15% van de grenzen in de operatiekamer. In een aparte studie hebben we de "Clinical Operating Range" (COR) van de patiëntvariabelen gedefinieerd als het bereik dat klinisch geaccepteerd wordt door de anesthesist. Wij hebben aangetoond dat 88% van de COR grenzen binnen de grenzen lagen die ons systeem aangaf.
Discussie.
De grenzen aangegeven door ons systeem zijn dicht bij de grenzen geselecteerd in de operatiekamer, maar wij kunnen geen uitspraak doen over hoe goed die grenzen zijn met betrekking tot het resultaat van de operatie. De database van alarmgrenzen, zoals gebruikt in ons onderzoek, kan gebruikt worden als een indicatie voor standaard patiëntbewaking.

* * *

A GRAMMAR BASED APROACH TOWARDS THE AUTOMATIC IMPLEMENTATION OF DATA COMMUNICATION PROTOCOLS IN HARDWARE

R.H.J. Bloks
10 december 1993
Promotoren: prof. ir. M.P.J. Stevens en prof. Dr. Ing. J.A.G. Jess

Uitwisseling van data tussen computers over netwerken kan alleen plaatsvinden als de betreffende apparatuur zich houdt aan de regels van een vooraf afgesproken protocol. Zulke protocollen zijn in het algemeen zeer complex en derhalve zijn bijna alle implementaties ervan gemaakt in de vorm van software die geëxecuteerd kan worden op de betrokken apparatuur. Een nadeel van software implementaties is dat ze relatief traag zijn in vergelijking met hardware. Vanwege de toenemende eisen voor steeds snellere data-uitwisseling en het feit dat de netwerktechnologie nu veel hogere bandbreedtes

kan aanbieden dan software-implementaties kunnen benutten, zullen nieuwe implementatievormen gevonden moeten worden, bij voorkeur in hardware. Om de kosten, de ontwikkelingstijd en de foutenkans te verkleinen zouden implementaties automatisch gegenereerd moeten worden. Dit vereist een formele taal waarin protocol implementaties beschreven kunnen worden, en waaruit hardware architecturen algoritmisch afgeleid kunnen worden. De definitie van zo'n taal en een methode voor de generatie van een implementatie ervan vormen het belangrijkste deel van dit onderzoeksproject.

Dit proefschrift beschrijft een mogelijkheid om automatisch hardware-implementaties te genereren vanuit formele hoog-niveau beschrijvingen. Het is gebaseerd op het idee dat een protocol beschouwd kan worden als een specificatie van een symbolische taal die geheel bestaat uit invoer- en uitvoeracties. De toegestane zinnen worden dan gedefinieerd door de grammaticaregels voor de taal. Het concept van formele talen, grammatica's en ermee corresponderende automaten is de afgelopen decennia zeer ver ontwikkeld. In dit proefschrift wordt uitgegaan van de klasse van context-vrije talen en worden hierop uitbreidingen gedefinieerd in de vorm van attributen (om de protocolvariabelen en andere contextinformatie in op te slaan), tweerichtingscommunicatie (invoer- en uitvoersymbolen) en condities op regels (om contextafhankelijke verwerking mogelijk te maken), voor een zeer complexe gedragsbeschrijvingen, resulterend in een protocol-grammatica die gebruikt kan worden om de symbolische protocoltaal te modelleren. Op soortgelijke wijze wordt ook de pushdownautomaat, die gebruikt kan worden om een willekeurige contextvrije taal te herkennen, uitgebreid met attribuutbeheer en conditionele verwerkingsmechanismen om een abstracte implementatie voor protocol-grammatica's te krijgen, de zogenaamde protocol-pushdownautomaat. Na formeel het concept van de geaccepteerde/gegenereerde taal te hebben gedefinieerd voor zowel de protocol-grammatica's als de protocol-pushdownautomaat, wordt bewezen dat elke protocol-grammatica ook inderdaad kan worden geïmplementeerd in een protocol-pushdownautomaat en een algoritme om dit te verwezenlijken wordt gegeven.

Om tot een fysische implementatie van een protocol-pushdownautomaat te komen zijn de vrij abstracte operaties ervan wiskundig getransformeerd in concrete en direct implementeerbare operaties. Dit leidde uiteindelijk tot de grammatica-processor, een deterministische eindige versie van de protocol-pushdownautomaat die ontworpen en getest is in een simulatie-omgeving en die het belangrijkste sleutelstuk vormt in de hardwarearchitectuur voor protocol implementaties.

Protocolmachines bestaan uit netwerken van onderling verbonden grammatica-processoren, die elk een deel van het totale protocol implementeren (bijv. een laag of onderdeel daarvan). Deze onderverdeling kan in principe willekeurig gekozen worden. De feitelijke data die moet worden uitgewisseld wordt opgeslagen en verwerkt in een apart gedeeld pakketgeheugen waarvan de functionaliteit van het beheer ook in dit proefschrift wordt gespecificeerd en volledig in hardware kan worden geïmplementeerd. Om tot hoge doorvoer van informatie te komen (meer dan 250.000 pakketten per seconde) zijn er speciale methoden voor het geheugen-beheer bedacht. Er is reeds een begin gemaakt met de implementatie.

Er is ook een stap gedaan om het hele ontwerpsysteem voor protocolmachines gebaseerd op deze techniek op te zetten. Dit systeem zal uiteindelijk alle gereedschappen bevatten die nodig zijn om een protocol te implementeren. De grammaticacompiler is af en de hardwarelinker zal over enige tijd klaar zijn. Een converter van hoog niveau specificatietalen (LOTOS) naar protocol-grammatica's zou een interessante uitbreiding zijn, evenals performance-analyseprogrammatuur en een software-implementatiegenerator. Wanneer alles af is, zullen deze gereedschappen de gebruiker in staat stellen zeer snel implementaties van protocollen te maken in hardware en misschien ook in software. In dit proefschrift worden ideeën gegeven voor de verdere implementatie van de onafgewerkte delen.

Ten slotte is er nog een eenvoudig stochastisch model voor protocol-grammatica's ontworpen, waarmee het mogelijk is om schattingen te maken van de haalbare snelheid wanneer een protocol wordt geïmplementeerd met behulp van de grammatica-processor. Toepassing op een X.25 testontwerp laat zien dat zeer hoge snelheden inderdaad mogelijk zijn.

* * *

1/F NOISE IN MOSFETS

X. Li

23 december 1993

Promotoren: prof. dr. F.M. Klaassen en prof. dr. T.G.M. Kleinpenning

In dit proefschrift zijn een aantal aspecten van 1/f ruis in MOSFETs onderzocht. Het effect van de serieweerstand op de 1/f ruis is als eerste bestudeerd. Daarna is de uniformiteit van de 1/f ruis bron onderzocht in een MOSFET met zeer lang kanaal, voorzien van zijarmen. De uniformiteit is bestudeerd in het ohmse gebied en ver tot in het verzadigingsgebied. Vervolgens is aangegeven hoe de 1/f ruis verminderd kan worden. Een bulk-kanaal MOST is vergeleken met een oppervlakte-kanaal MOST. Tenslotte is aangetoond hoe de 1/f ruis als diagnosemiddel kan worden gebruikt om onvolkomenheden in de technologie op te sporen.

De serieweerstand is afhankelijk van de polarisatie en is verschillend in het ohmse gebied en in het verzadigingsgebied. In het ohmse gebied is de serieweerstand R_{Dd} aan de drain-zijde en R_{sS} aan de source-zijde gelijk. De kanaalweerstand is evenredig met de elektrische kanaallengte l.

De nauwkeurigheid in de bepaling van de serieweerstand hangt af van de nauwkeurigheid in de drempelspanning V_T, de lage-veldbeweeglijkheid μ_{00}, de beweeglijkheids-reductie coëfficiënt θ en de elektrische kanaallengte l of de correctie voor de kanaallengte $l' = L-l$. De drempelspanning is bepaald m.b.v. een extrapolatiemethode van de hoogste gradiënt van I_{Ds} als functie van V_{GS} voor $V_{DS} = 50$ mV (zie § 2.2 en § 4.2). We nemen aan dat de parameters μ_{00}, θ en l' gelijk zijn voor alle componenten in een L-array. Slechts de kanaallengte L is hierbij variabel. In § 2.1, § 2.2 en § 4.2 worden twee methoden voorgesteld om de parameters μ_{00}, θ en l' te bepalen. In de eerste methode wordt de bijdrage verwaarloosd van de component van de serieweerstand die afhankelijk is van de gate spanning. Deze methode is alleen geschikt voor MOSTen met een relatief hoge dope-stof concentratie in de drain- en source-gebieden. In principe kan uit de snijpunten van de totale weerstand R_{tot} als functie van l met de R-as, voor verschillende effectieve gate-spanningen $V_G^* = V_{GS}-V_T$, de serieweerstand R_{sS} als functie van V_G^* bepaald worden. De relatie tussen R_s en V_G^* wordt ook gebruikt om de parameters te bepalen in de tweede methode (§ 4.2). De tweede methode vermindert de invloed van de serieweerstand op de bepaling van μ_{00}, θ en l'. De analyse van de toevallige fouten laat zien dat de gemiddelde waarden van de parameters bekend zijn met een relatief goede nauwkeurigheid, behalve voor al te kleine waarden van l' (§ 2.3).

In het ohmse gebied kan de serieweerstand oplopen tot 15% van R_{tot} voor een component met l = 1 µm. De 1/f ruis van de serieweerstand bedraagt ongeveer 20% van de totale 1/f ruis in een kort-kanaal-MOST. Een dubbele implantatie in het kanaal heeft weinig invloed op de serieweerstand. Bij gelijke dosis maar hogere implantatie-energie in de licht verontreinigde drain- en source-gebieden (LDD gebieden) nemen de serieweerstand en de 1/f ruis af. Tevens verandert de afhankelijkheid ervan met V_G^*.

Buiten het ohmse gebied neemt de serieweerstand aan de drainzijde toe met de drain-source-spanning voor constante V_G^*, terwijl de serieweerstand aan de sourcezijde constant blijft. In § 2.2 wordt een methode voorgesteld om R_{Dd} te bepalen. Deze weerstand R_{Dd} is sterk niet-lineair en heeft de eigen-

schap de stroom min of meer te begrenzen. Het kanaalverkortings-effect en de snelheidsverzadiging worden buiten beschouwing gelaten, dit om het aantal parameters te beperken. Voor een conventionele MOST zonder serieweerstand blijkt de 1/f ruis in de drain stroom S_I evenredig met $(V_{DS}/V_G^*)^2$ te zijn. In een LDD MOST echter is S_I evenredig met $(V_G^*/V_G^*)^{1+\delta}$ waarbij δ varieert tussen 0 en 1, afhankelijk van V_G^*, V_{DS} en l. Dit is het gevolg van de spanningsafhankelijke serieweerstand R_{Dd} van de LDD-structuur. In het voorgestelde vervangingsschema voor de 1/f ruis wordt rekening gehouden met R_{sS} en R_{Dd} in § 2.2. Aan de hand van dit schema wordt de gemeten 1/f ruis in de drain stroom S_I gesplitst in de 1/f ruis van het kanaal en van de serieweerstand. De kanaalruis S_{Ich} is met vergelijking (16) in § 2.2 berekend uit de experimentele resultaten.

Net als bij een conventionele MOST blijkt dat onder verzadiging S_{Ich} evenredig is met $(V_{ds}/V_G^*)^2$, waarbij V_{ds} de interne drain-source-spanning is. Voor een lang-kanaal LDD MOST is de serieweerstand verwaarloosbaar. In verzadiging bereikt de stroom en de 1/f ruisstroom van het kanaal een constante waarde. Echter, de 1/f ruis bijdrage van R_{Dd} vormt een belangrijk deel van de totale ruis bij kleine V_G^* en l en toenemende drain-source-spanning. Dit maakt een vergelijking van de 1/f ruis tussen een LDD en een conventionele MOST met dezelfde geometrie alleen zinvol onder gelijke stroom en niet onder dezelfde externe spanning. De serieweerstanden R_{Dd} in de vergelijking (15) - (17) zijn de dynamische waarden. Van de serieweerstand R_{sS} aan de sourcezijde is de dynamische waarde gelijk aan de statische. Dit is expliciet gegeven in § 4.3 in vergelijking (18). De transversale en longitudinale ruis zijn onderzocht in een n-kanaals MOST met zijarmen. De transversale spanningsfluctuaties zijn gemeten voor drie paren van tegenoverliggende zijcontacten langs het kanaal. De gemeten waarden worden als volgt aangeduid: dicht bij de source $S_{s\perp}$in het midden $S_{m\perp}$n dicht bij de drain $S_{d\perp}$ In het ohmse gebied is de inversielaag uniform, en verwachten we voor de 1/f ruis langs het kanaal: $S_{s\perp}$ $S_{m\perp}$ $S_{d\perp}$Dit is ook in overeenstemming met de experimentele resultaten (zie Tabel I in § 3.2). De longitudinale ruis was evenredig met de afstand tussen de contacten, zoals verwacht. Dit wijst er ook op dat de 1/f ruisbronnen uniform over het kanaal verdeeld zijn (§ 3.3).

Buiten het ohmse gebied zijn de concentratie en de ruis niet langer uniform langs het kanaal. De lokale waarde van de dimensieloze 1/f ruisparameter α wordt gebruikt om de ruis langs het kanaal te karakteriseren (zie vgln. (11) en (12) in § 3.2). Door rekening te houden met de lokale concentratie en de lokale α waarde zijn onze geschatte waarden in overeenstemming met de experimenteel gevonden verhoudingen $S_{s\perp d\perp}$n $S_{m\perp d\perp}$zie Tabel II in § 3.2). Ver in verzadiging kunnen deze verhoudingen geschat worden met vgl. (14) in § 3.2, als de lokale waarden van μ_x, α_x en n_x bekend zijn.

Uit de transversale ruismetingen is ook gebleken dat er geen experimentele ondersteuning gevonden kon worden voor een vroegere hypothese omtrent de oorzaak van de 1/f ruis, namelijk het temperatuur-fluctuatiemodel. Daarin wordt verondersteld dat de 1/f fluctuatie in de geleiding afkomstig is van fluctuaties in de temperatuur.

De verhouding tussen transversale en longitudinale ruis is berekend en gemeten in het ohmse gebied. Alleen voor een bepaalde gate-spanning is er overeenstemming tussen berekende en gemeten resultaten. Het verschil tussen de berekende en de gemeten resultaten bij andere gate-spanningen laat vermoeden dat de zijarmen ook bijdragen tot de 1/f ruis. Alleen als de ruisbron uniform is over de component, is deze verhouding een functie van de geometrie. Van twee soorten p-MOSTen (een bulk- en een oppervlakte-kanaal) zijn de gelijkstroomkarakteristieken en de 1/f ruis bestudeerd. Alleen het gebruikte gate-materiaal is verschillend: p^+-polysilicium voor het oppervlakte-kanaal en n^+-polysilicium voor het bulk-kanaal. De ladingsdragers in een bulk-kanaal hebben minder last van verstrooiing aan het Si-SiO_2 grensvlak dan in een oppervlakte-kanaal. Een bulk-kanaal heeft een grotere lage-veldbeweeglijkheid, een lagere serieweerstand en een 1/f ruis parameter of α waarde welke ongeveer twee orden van grootte kleiner is dan die van een oppervlakte-kanaal. Een betere kristalkwaliteit daar waar de inversielaag zit, en een lagere serieweerstand zijn gunstig om de 1/f ruis kleiner te maken. De onderzochte bulk-kanaal p-MOST heeft een α waarde van $3*10^{-7}$. Dit valt samen met de laagste waarde ooit in de literatuur gerapporteerd. De gevonden α waarden zijn onafhankelijk van de kanaallengte voor 0.45 μm < l < 10 μm, zowel in MOS transistoren afkomstig van het Philips Natuurkundig Laboratorium, Nederland (zie § 4.3) als van CNET, Frankrijk (zie § 2.1).

De 1/f ruismetingen zijn ook gebruikt als een niet-destructieve test voor kwaliteits-evaluatie. Bijvoorbeeld, in § 5.1 wordt aangetoond dat 1/f ruismetingen gevoeliger zijn dan de dc-metingen doen vermoeden. Een kleine technologische onvolkomenheid zoals de gevolgen van een slagschaduw van een siliciumoxiderand bij implantatie op een plak, kan resulteren in een waargenomen relatieve ruis evenredig met V_G^{*2}, terwijl een MOST zonder problemen met nagenoeg dezelfde dc-karakteristiek een evenredigheid laat zien met V_G^{*-2}.

Een MOST welke verouderd is door inwerking van hete ladingsdragers (hot-carrier degradatie), vertoont een toenemende 1/f ruis. De ruis aan n-MOSTs na degradatie gemeten in reverse mode bleek groter te zijn dan in normal mode. De reverse mode is de instelling van de MOS transistor waarbij de rol van source en drain omgewisseld is. De afname in de drainstroom van een verouderde MOST blijkt verschillend te zijn voor normal en reverse mode, vooral door de toename van de serieweerstand aan de drain-zijde. Er wordt aangetoond dat, om de 1/f ruis voor en na verouderen te vergelijken, het beter zou zijn om de ruis als genormaliseerde grootheid te vergelijken, bijvoorbeeld in de vorm van de α waarde bepaald uit het ohmse gebied of als relatieve ruis fS_I/I_{DS}^2 in verzadiging (zie § 5.2).

* * *

THE PHYSICS AND TECHNOLOGY OF SUBMICRON MOS DEVICES

A.J. Walker

8 februari 1994

Promotoren: prof. dr. F.M. Klaassen en prof. dr. P.H. Woerlee

Gedurende de afgelopen dertig jaar zijn vele technologen en wetenschappers op zoek geweest naar wegen, waarlangs betrouwbare geïntegreerde circuits met geschaalde NMOS en PMOS transistoren gemaakt kunnen worden. Dit proefschrift beschrijft zo'n weg. De eerste halte op deze zoektocht was het modelleren van de mobiliteit van electronen en gaten in de inversielaag van MOS devices. Door middel van een semi-empirisch model is deze mobiliteit beschreven als functie van een effectief normaalveld, een van de belangrijkste parameters in zo'n formulering. Het belang hiervan ligt in de mogelijkheid hiermee geschaalde devices in circuitsimulatoren te modelleren en aldus een voorspelling te doen over het gedrag in toenemend complexe systemen. Als volgende halte werd het maken van ondiepe boorjuncties voor geschaalde PMOS devices behandeld, een onderwerp van groot belang. Dit hield een pre-amorfisatie in van de source- en draingebieden, voorafgaande aan de boorimplantatie. Geconcludeerd werd dat, ondanks dat op deze manier inderdaad ondiepe juncties zijn te maken, in een produktie omgeving een dergelijke techniek zeer moeilijk te controleren zal zijn vanwege de beperkingen, die het temperatuurbudget en de resulterende defecten opleggen. Het bleek dat een simpele lage energie boordifluoride implantatie, gevolgd door een lage temperatuur anneal,

in ideale ondiepe juncties resulteerde. Dit onderwerp blijft zeer relevant voor onderzoek op het gebied van solid source diffusie, gasfase dotering en lage temperatuur annealen.
Vervolgens werd stilgestaan bij boorgedoteerde polysilicium gates, en werden de problemen bij het maken van geschaalde PMOS devices benadrukt. De conclusie werd getrokken dat een dergelijk proces tot stabiele devices leidt, onder voorwaarde dat het temperatuurbudget gereduceerd wordt, om boordiffusie naar het kanaal te vermijden. Bovendien werd aangetoond dat de p-type gate instabiliteit niet beïnvloedt wordt door de aanwezigheid van boor in de gate en in het gate diëlectricum, maar alleen afhangt van de werkfunctie van de gate electrode. Via het beschreven proces zijn devices gemaakt, die bestand zijn tegen hete ladingsdragers.
Naarmate gate oxides dunner en juncties ondieper worden, kunnen geïntegreerde circuits met geschaalde devices steeds minder hoge spanningen verdragen. Dit is een probleem zodra niet alleen geschaalde NMOS en PMOS transistoren geïntegreerd worden, maar ook andere types devices. Een belangrijke klasse devices vormen de niet-vluchtige geheugens, die in het algemeen een spanning van ongeveer 13 volt benodigen voor programmeren en wissen. De laatste halte op onze zoektocht behandelt een mogelijke oplossing om deze spanning te verlagen. Deze oplossing is gebaseerd op de toepassing van Fowler-Nordheim tunneling voor programmeren en wissen. Programmeer- en wisspanningen bleken gereduceerd te kunnen worden door zware ionen te implanteren in een dunne polysiliciumlaag op het tunneldiëlectricum. Dit resulteert in versterkt tunnelen in Flash devices. Deze devices kunnen hun lading enkele jaren behouden.
Na het beschouwen van de verschillende haltes op onze zoektocht, kunnen we nu de tijd nemen om naar de toekomst te kijken. Zoals altijd kan de toekomst voorspeld worden door het heden en verleden te bestuderen en te interpreteren.
De laatste jaren hebben een toenemende interesse laten zien in BICMOS, een techniek die de voordelen van MOS en bipolaire transistoren op eenzelfde siliciumplak combineert. Door de synergie van deze combinatie is het lonend het produktieproces, met de daarbij behorende toegenomen procescomplexiteit, onder de knie te krijgen.
Een verdere belangrijke ontwikkeling is de toename in het belang van geheugens ingebed in logische circuits. In het bijzonder de mogelijkheid om niet-vluchtige geheugens op deze manier te combineren met logische circuits wordt van essentieel belang. Ook hier wordt het lonend de complexe processen, nodig om zulke geheugens in te passen, voor lief te nemen naarmate de vraag naar chips met een resulterende grotere functionaliteit toeneemt.
Ook de trend om digitale en analoge elementen op dezelfde chip te combineren kan afgeleid worden uit de behoefte geschakelde capaciteiten met normale, geschaalde MOS transistoren te combineren.
Deze ontwikkelingen wijzen erop, dat een toename van de functionaliteit steeds belangrijker wordt. De klassieke weg is altijd geweest om de dimensies van transistoren te verkleinen, om aldus meer logische poorten op elke vierkante millimeter silicium te "persen". De hiervoor benodigde ontwikkelingen op het gebied van procestechnologie, design en apparatuur zijn steeds in gang gezet, doordat de gebruikers van IC's behoefte hadden aan een grotere functionaliteit. Deze behoefte zal ook in de toekomst een drijvende kracht zijn achter nieuwe ontwikkelingen. Een nieuwe, belangrijke manier om een toename in functionaliteit te realiseren is het integreren van verschillende types devices op eenzelfde siliciumplak. Ook hier zal de behoefte aan een toename in functionaliteit een belangrijke stimulans zijn voor de benodigde ontwikkelingen op het gebied van procestechnologie, design en apparatuur. Op dit moment kunnen alle devices gemaakt worden met bestaande materialen in normale IC processen, maar in de toekomst zullen nieuwe materialen dusdanig grote voordelen bieden, dat ook deze met de normale siliciumdevices geïntegreerd zullen worden. Dit opent de deur naar betere prestaties van de bestaande devices, als naar volledig nieuwe types van devices, die op hun beurt geïntegreerd zullen worden. De grootste winst hiermee zal gemaakt worden door die firma's die de ingewikkelde processen beheersen, nodig om deze "systems-on-silicon" te realiseren.

* * *

A DETERMINISTIC APPROACH TO THE MODELLING OF ELECTROMAGNETIC WAVE PROPAGATION IN URBAN ENVIRONMENTS

G.A.J. van Dooren
29 maart 1994
Promotoren: prof. dr. ir. G. Brussaard en prof. dr. ir. L.P. Ligthart

Dit proefschrift behandelt de ontwikkeling van een deterministisch model voor de voorspelling van de elektromagnetische (EM) veldsterkte in stedelijke gebieden. Het model gebruikt de geometrische optica (GO) aangevuld met verschillende bijdragen die berekend zijn op basis van de uniforme theorie van diffractie (UTD) om de interactie van de EM golf met obstakels in een stedelijke omgeving te beschrijven. Twee toepassingen van dit model worden besproken in deze dissertatie.
De eerste is de bepaling van de doeltreffendheid van het plaatsen van een obstakel op het propagatiepad van een stoorsignaal. Resultaten van deze opzettelijke signaalblokkering worden gepresenteerd voor verschillende types obstakels en posities van de ontvangantenne. Ook een geometrie waarbij de antenne heel dicht bij het obstakel is geplaatst wordt bestudeerd. In dit geval is een afzonderlijke beschouwing van diffractie aan de antenne en het obstakel niet meer geoorloofd en dient een gecombineerde analyse te worden uitgevoerd. Dit is gedaan voor twee soorten parabolische reflectorantennes, en resultaten voor het afschermende effect van een halfvlak worden gepresenteerd en vergeleken. Ook de introductie van antenne-weegfuncties in modellen voor veldsterktevoorspelling gebaseerd op een stralenbeschouwing van het EM veld wordt behandeld.
De tweede toepassing van het besproken model is de bepaling van de EM veldsterkte van een door een satelliet uitgezonden radiosignaal in een bebouwde omgeving. Door zijn deterministisch karakter is het ontwikkelde model in staat effecten zoals reflectie en schaduwvorming te analyseren. Deze effecten worden niet meegenomen in gebruikelijke, statistische modellen voor de voorspelling van de veldsterkte. Omdat het GO/UTD model gebruik maakt van een gedetailleerde beschrijving van de stedelijke omgeving is het toepasbaar op een willekeurige omgeving. Dit staat in tegenstelling tot de conventionele statistische modellen die normaal gesproken slechts voor een beperkt aantal gegeneraliseerde geometrieën te gebruiken zijn. De kracht van het model wordt gedemonstreerd aan de hand van de theoretische bepaling van de veldsterkte langs twee trajecten door de campus van de TU Eindhoven. Niet alleen de veldsterkte, maar ook het Dopplerspectrum, de impulsresponsie en het impuls-Dopplerspectrogram worden bepaald. Het deterministische model kan een waardevolle aanvulling zijn van reeds bestaande statistische modellen voor veldsterktevoorspelling, vooral als een digitale beschrijving van de gebouwen in steden en dorpen voorhanden is.

* * *

VISUAL LANGUAGES: DEFINITION AND APPLICATIONS IN SYSTEM DEVELOPMENT ENVIRONMENTS

S. El-Kassas
29 april 1994
Promotoren: prof. ir. M.P.J. Stevens en prof. dr. ir. Th. Krol

The problem domain of this thesis is system development. It is motivated by the need to find and construct better design technologies. The use of better design technologies is viewed as imperative to deal with the increase in the size and complexity of digital systems.

This thesis takes the view that the integration of formal methods and visual languages yields a sound and powerful foundation for the definition of essential aspects of modern design technologies. Hence, the main questions addressed are concerned with: (1) the formal definition of visual languages; and (2) the utilization of the visual language model to define appropriate development evironments.

In answering these questions, this thesis develops the foundation for defining design technologies that use formal visual notations and their support tools. It is asserted that such formal visual notations possess the benefits of formal approaches to systems development, as well as the intuitive appeal and ease of use of graphical notation.

The question of the formal definition of visual languages is addressed in the form of developing the attribute icon-replacement grammar model, which provides a framework for the definition of the syntax and semantics of visual languages. This model is then extended to enable the definition of syntactically defined hierarchical constructs, as well as providing a framework for integrating textual and visual notations.

The question of defining development environments is addressed by identifying and addressing two essential aspects of such environments, namely: (1) editing and presentations tools, which are addressed by defining an integrated syntax-directed editing model; and (2) transformational and translation tools, which are addressed by providing attribute system based transformation, as well as pair-grammar based transformations.

* * *

COMPUTER-GENERATED FOURIER HOLOGRAMS BASED ON PULSE-DENSITY MODULATION

P.M.T. van den Bulck
24 mei 1994
Promotoren: prof. dr.-ing. H.J. Butterweck en prof. dr. ir. J.P.M. Schalkwijk

Voor de realisatie van computer-gegenereerde hologrammen wordt vaak gebruik gemaakt van apparatuur waarmee alleen binaire uitvoer gegenereerd kan worden. Een omzetting van de berekende transparantie-functie naar een binair hologram is dan noodzakelijk. Indien hiervoor uitgegaan wordt van pulsdichtheidsmodulatie bestaat de binaire transparantie-functie uit identieke binaire pulsen. De gewenste optische eigenschappen worden bij benadering verkregen door een lokale variatie in de pulsdichtheid. Voor Fourier-hologrammen eisen we dat de Fourier-spectra van het originele en het binaire hologram in een bepaalde frequentieband zo goed mogelijk overeenkomen.

Bij continue pulsdichtheidsmodulatie wordt geen beperking opgelegd aan de posities van de pulsen. Voor ééndimensionale pulsen wordt uitgegaan van een integratie-concept, waarbij de pulsposities achtereenvolgens voor individuele pulsen of voor groepjes pulsen worden bepaald. Voor deze methodes is een schatting gegeven voor de benaderingsfout als functie van de pulsdichtheid. De resultaten van computer-simulaties zijn voor de lagere-orde methodes in overeenstemming met de theorie. Door het integratie-concept in differentiaalvorm te formuleren is een uitbreiding naar twee dimensies mogelijk. Het gevonden stelsel niet-lineaire differentiaalvergelijkingen is voor een relatief klein aantal pulsen numeriek opgelost. Voor een groot aantal pulsen vereist de methode in de huidige vorm echter te veel rekenwerk. Ter afsluiting is de relatie tussen continue pulsdichtheidsmodulatie en een aantal clustering-technieken besproken.

Bij discrete pulsdichtheidsmodulatie is de plaatsing van de pulsen beperkt tot vaste posities. Onder deze voorwaarde gaat het integratie-concept over in "error diffusion", waarbij de toegelaten posities één voor één afgewerkt worden. Error diffusion kan eenvoudig op een tweedimensionaal raster toegepast worden door een tijdvolgorde in dit raster aan te geven. Bij de beslissing om op een gegeven rasterpunt al dan niet een puls te zetten, worden de fouten van voorgaande rasterpunten via een gewogen som in aanmerking genomen. Een lineair model beschrijft de invloed van de in deze som voorkomende diffusie-coëfficiënten op de afwijking tussen de spectra. Om instabiliteit van dit recursieve systeem te voorkomen, zijn er voorwaarden gesteld aan de keuze van de diffusie-coëfficiënten. Voor de berekening van geschikte, stabiele diffusie-coëfficiënten behorende bij een gegeven frequentieband is een methode ontwikkeld. Met de hiermee gevonden coëfficiënten zijn hologrammen berekend die een goede benadering van het origineel in de gegeven frequentieband opleveren.

De uitbreiding op error diffusion, waarvoor de pulsverdeling niet meer recursief te bepalen is, komt overeen met een Hopfield-netwerk. Het te benaderen spectrum en de frequentieband leggen de drempelwaarden en de gewichten van de verbindingen in dit neuraal netwerk vast. Startend vanuit een willekeurige pulsverdeling convergeren de uitgangswaarden van de neuronen naar een optimale pulsverdeling. Ondanks de extra hoeveelheid rekenwerk blijkt het Hopfield-netwerk geen verbetering ten opzichte van error diffusion op te leveren. Aangezien het netwerk een lokaal zoekproces uitvoert, eindigt het convergentietraject in een lokaal optimale pulsverdeling. Met een Boltzmann machine, die ontstaat door een Hopfield netwerk te combineren met "simulated annealing", wordt ontsnapping uit een lokaal optimum mogelijk gemaakt en kunnen betere oplossingen gevonden worden. Door de speciale struktuur van de verbindingen tussen de neuronen, kan het Hopfield netwerk op een efficiënte manier geïmplementeerd worden. Deze eigenschap wordt ook bij de voorgestelde Boltzmann machine met parallel updating benut. Op deze manier is het mogelijk gebleken om binnen redelijke tijd een aanmerkelijk betere pulsverdeling te berekenen.

* * *

WAVEGUIDING IN HIGH POWER SHORT WAVELENGTH SEMICONDUCTOR LASERS

M.F.C. Schemmann
22 juni 1994
Promotoren: prof. Dr.-Ing. L.M.F. Kaufmann en prof. dr. G.A. Acket

III-V halfgeleider laser diodes met emissie golflengtes korter dan een micrometer, 980 nm, 780 nm en 670 nm, zijn theoretisch en experimenteel onderzocht bij lage en hoge uitgangsvermogens. De diodes zijn bedoeld voor applicaties waarbij een diffractie gelimiteerde bundel efficiënt in een beperkte numerieke apertuur moet worden gekoppeld. Lage laser drempelstromen en geringe interne verliezen zijn gewenst om lage stromen bij het bedrijfspunt te verkrijgen. Halfgeleider laser lagen structuren zijn gegroeid met behulp van organo metallische damp fase epitaxie. De lagenpakketten bestaan uit een substraat met daar bovenop een golfgeleider structuur bestaande uit een of meerdere actieve lagen met daar omheen cladding lagen die een geringere

brekings index hebben. Bovenop de golfgeleider is een contact laag gegroeid. In de bovenste cladding laag wordt een golfgeleiderstructuur aangebracht zodanig dat "zwak index geleide" lasers worden verkregen.

Bulk en quantum put actieve laag lasers met gelijke bundel vorm zijn vergeleken met betrekking tot drempelstromen en interne verliezen. Theoretische resultaten geven aan dat optimaal ontworpen laser diodes met quantum well actieve lagen beter zijn dan zulke met bulk actieve lagen. Meetresultaten geven aan dat het verschil marginaal is.

De keuze van samenstelling en diktes van de actieve laag(en) en cladding lagen is bestudeerd door de bundel eigenschappen van verschillende lasers te meten en te berekenen met behulp van een snel convergerende geoptimaliseerde versie van de effectieve index methode. De dikte van de cladding lagen wordt in het algemeen zodanig gekozen dat de interne verliezen gering zijn. De resultaten laten zien dat de cladding laag dikte desondanks een sterke invloed heeft op de numerieke apertuur van de geëmitteerde bundel zodanig dat deze moet worden aangepast om deze apertuur te verkleinen. De samenstelling van de cladding lagen wordt zodanig gekozen dat de bandgap veel groter is dan die van de actieve laag opdat de ladingsdrager lek gering is. Experimentele resultaten geven aan dat de cladding lagen (deels) kunnen worden vervangen door andere lagen met een lagere bandgap hetgeen voordelen biedt in de epitaxiale groei.

Halfgeleider laser diodes emitteren in het algemeen geen sferische bundel met een sferisch fasefront doordat de golfgeleider in een richting door het gegroeide lagen pakket en in de andere richting door de aangebrachte golfgeleider in de bovenste cladding laag wordt bepaald. Met name in de laatste richting worden de eigenschappen van de geëmitteerde bundel significant beïnvloed door brekingsindex verstoringen ten gevolgen van ladingsdragers geïnjecteerd in de actieve laag en temperatuur profielen in de diode. In het algemeen worden fase front afwijkingen van de bundel benaderd door het astigmatisme van de bundel te meten en te berekenen.

Bundel eigenschappen bij laag uitgangsvermogen zijn bestudeerd waarbij gebruik gemaakt is van een Wollaston interferometer. Hiermee is het mogelijk om nauwkeurig fase fronten te bepalen waarbij het is gebleken dat hogere orde astigmatisme een belangrijke rol speelt in veel laser diodes bedoeld voor praktische toepassingen. De resultaten zijn geverifieerd aan de hand van berekeningen met de effectieve index methode waarbij rekening gehouden is met de interactie tussen fotonen en ladingsdrager dichtheden. De resultaten tonen aan dat deze methode een goede beschrijving van zwak index geleide lasers biedt ten behoeve van de berekening van drempelstromen, differentiële efficiëntie en verre veld bundel eigenschappen.

Bij hoog uitgangsvermogen kunnen bundel verstoringen optreden zodanig dat de lasers in praktische toepassingen niet bruikbaar zijn. Het uitgangsvermogen waarbij dit optreedt is periodiek in de laser lengte. Uitvoerige bestudering van spectraal opgeloste bundel en spiegel intensiteiten en dynamisch laser gedrag tonen aan dat de bundel verstoringen worden veroorzaakt door fase gekoppelde fundamentele en eerste orde modi die propageren in de laser golfgeleider. De condities waaronder fase koppeling van beide modes kan optreden worden in belangrijke mate bepaald door de temperatuur distributie in de lasers. De golfgeleider verstoring ten gevolge van de interactie tussen fotonen en ladingsdragers is belangrijk voor de mate waarin de bundel wordt verstoord. De resultaten worden ondersteund door berekeningen en leiden tot een optimalisatie van de lasers.

MICROMACHINED SILICON INTEGRATED RESONANT SENSORS

C.J. van Mullem
26 augustus 1993
Promotoren: prof. dr. J.H.J. Fluitman en prof. dr. H. Wallinga

Dit proefschrift beschrijft het onderzoek betreffende micromechanische silicium geïntegreerde resonerende sensoren. De piëzoelektrisch aangedreven resonerende krachtsensor is monolitisch geïntegreerd met een elektronische schakeling. Het geheel vormt een elektronische oscillator, die te gebruiken is als meetgedeelte van een mechanisch meet/regel systeem.
Na een korte introduktie over micromechanische geïntegreerde resonerende sensoren in hoofdstuk 1, wordt in het tweede hoofdstuk een overzicht gegeven van micromechanische silicium geïntegreerde sensoren. De belangrijkste voor- en nadelen van de monolitische integratie worden besproken. Hier worden tevens meer algemene overwegingen bij betrokken, zoals de opbrengst en het verpakken van geïntegreerde sensoren. Een onderscheid wordt gemaakt in de benaming van de sensoren, afhankelijk van de functionaliteit van de toegevoegde elektronische schakelingen. Geïntegreerde sensoren zijn sensoren waarbij alleen de signaal bewerking wordt uitgevoerd door deze schakelingen. Daarentegen is bij 'smart' sensoren sprake van informatie verwerking door de elektronica. Een ander belangrijk aandachtspunt is de vraag of de elektronische schakelingen op het sensor substraat (monolitische integratie) geplaatst dienen te worden of dat de 'twee substraat benadering' (hybride integratie) de voorkeur verdient. Een combinatie van beide is een alternatief. De belangrijkste argumenten van deze discussie zijn de proces compatibiliteit en de totale kosten. Dit hoofdstuk eindigt met een overzicht van toepassingen van micromechanische geïntegreerde sensoren.
Hoofdstuk 3 beschrijft de piëzoelektrisch aangedreven twee-poort resonator toegepast als krachtsensor. Een dunne laag zinkoxide (ZnO) wordt gebruikt voor de piëzoelektrische excitatie en detectie van de mechanische trilling van de silicium balk. Verschillende karakteristieke eigenschappen van twee-poort resonatoren zijn onderzocht door het analyseren van de overdrachtsfunctie. Belangrijke eigenschappen zijn de verzwakking en fasedraaiïng rond de fundamentele resonantiefrequentie, de kwaliteitsfactor, de belastingsimpedantie en de elektrische overspraak. Een gebogen-frame meetopstelling is ontwikkeld voor de krachtsensor. Een extern aangelegde kracht verschuift de resonantiefrequentie zoals voorspeld wordt door de theorie. Een storend effect op de overdrachtsfunctie is de elektrische overspraak tussen de ingang en de uitgang van de resonerende structuur. Het verbergt gedeeltelijk de mechanische resonantie, wat de detectie bemoeilijkt. Verschillende oplossingen zijn onderzocht en hebben de elektrische overspraak sterk gereduceerd of gecompenseerd, afhankelijk van de gekozen oplossing.
In hoofdstuk 4 wordt de combinatie van een wolfraam laag met een ZnO laag behandeld, die tesamen een metaal-halfgeleider (Schottky) contact vormen. Deze opbouw resulteert in een verarmingslaag in het ZnO, die de piëzoelektrische eigenschap verbetert. Deze combinatie is ontstaan vanuit het CMOS proces, waarin het wolfraam als eerste metallisatie gebruikt wordt.
Hoofdstuk 5 beschrijft de proces integratie van plasma geassisteerde depositieprocessen met CMOS structuren. Standaard CMOS test structuren zijn gebruikt, voor het onderzoek naar de beïnvloeding van de structuur parameters. In ons geval zijn er twee processen onderzocht: het reactief magnetron sputteren van een ZnO laag en de plasma enhanced chemical vapour deposition (PECVD) van een siliciumnitride (SiN_x) laag. Na de SiN_x depositie is een temperatuur stap toegevoegd in de proces volgorde, om de structuur parameters te herstellen tot de initiële waarden.
In hoofdstuk 6 worden het ontwerp en de realisatie van een monolitisch geïntegreerde resonator gepresenteerd. 'Semi-custom' ontworpen CMOS schakelingen zijn ontwikkeld (sensor masterchip), welke gebruikt worden voor de realisatie van de elektronische schakeling. Tevens is er ruimte op deze masterchip gereserveerd voor de realisatie van de sensor. Na het beëindigen van het CMOS-proces, wordt deze fabricage uitgevoerd. De haalbaarheid van twee etsstopmechanismes (een boor en een elektrochemische etsstop) wordt besproken, om deze etsstops binnen de sensor fabricage toe te kunnen passen. De proces integratie en het temperatuurbereik van de hierop volgende sensor processtappen, beperken de mogelijkheden voor de etsstops. Een PECVD SiN_x laag is toegepast als beschermingslaag vanwege zijn lage depositie temperatuur. Deze laag is onderzocht voor toepassingen binnen de proces integratie. Tevens worden de eerste resultaten van de monolitische realisatie besproken. Een beschrijving van de belangrijkste problemen wordt gegeven, die gerelateerd zijn aan de proces integratie.
Hoofdstuk 7 beschrijft de ontwikkeling van een elektronische oscillator, met de twee-poort resonator als frequentie bepalend element. De elektronische schakeling bestaat o.a. uit een amplitude geregelde versterker met een 90° fase draaiend netwerk. Belangrijke ontwerp overwegingen zijn een lage gelijkspanning 'offset' en een grote 'power supply rejection ratio' (PSRR). Een belangrijke resonator parameter, die gerelateerd is aan de elektronische schakeling, is de mechanische kwaliteitsfactor. Die bepaalt de maximum toegestane fase fout van de elektronica. De eerste metingen van de gerealiseerde schakelingen tonen een functionele werking aan.
Tenslotte worden in hoofdstuk 8 conclusies en suggesties voor toekomstig onderzoek gegeven.

* * *

SILICON RESONANT SENSORS: OPERATION AND RESPONSE

A. Prak
8 oktober 1993
Promotor: prof. dr. J.H.J. Fluitman

Dit proefschrift gaat over silicium resonerende sensoren. Aspekten van deze sensorfamilie die in dit proefschrift behandeld worden zijn: hoe deze sensoren te bedrijven (eng: operation) en de responsie van deze sensoren. Silicium resonerende sensoren zijn zeer geschikt voor het meten van mechanische grootheden zoals b.v. kracht en druk met een grote nauwkeurigheid. Het werkingsprincipe is gebaseerd op de modulatie van de resonantiefrequentie van een met mikrotechnologie vervaardigde mechanische resonator. Om de resonantiefrequentie te kunnen meten moet de resonator voorzien worden van elektro- (of opto-) mechanische transducenten. De term 'bedrijven' refereert aan diverse aspekten die met deze transducenten te maken hebben, terwijl met 'responsie' gedoeld wordt op de relatie tussen de meetgrootheid

(kracht, druk) en het uitgangssignaal (de resonantiefrequentie).

In hoofdstuk 1 wordt een korte inleiding gegeven in de mikromechanika in het algemeen, en in mikromechanische resonerende sensoren in het bijzonder. Er zijn samenvattende tabellen met de wereldwijde onderzoeksaktiviteiten op het gebied van silicium resonerende sensoren opgenomen.

In hoofdstuk 2 wordt de mechanika van een mikromechanische resonator, in dit geval een transversaal trillende, dubbelzijdig ingeklemde balk, uiteengezet. Dit is op twee manieren gedaan, nl. m.b.v. modale analyse en met behulp van een methode die gebruik maakt van Laplace transformaties.

Het gedistribueerde karakter van de balk geeft aanleiding tot een oneindig aantal trillingsmodi. In hoofdstuk 3 wordt een methode gepresenteerd die volledige kontrole geeft over de geëxciteerde en de gedetekteerde modi. De methode, die gebruik maakt van geometrische vormgeving van de excitatie- en detektietransducenten, kan voor de meeste mechanismen worden toegepast.

In hoofdstuk 4 wordt een systematisch, verenigend model gepresenteerd dat de meeste in de literatuur gerapporteerde excitatie- en detektiemechanismen behandelt. Het model legt de nadruk op het elektromechanische karakter van resonator systemen.

Hierop gebaseerd sluit hoofdstuk 5 aan met een vergelijkend onderzoek betreffende de excitatie- en detektiemechanismen. Behandeld worden o.a. de 'excitatiekracht', de gevoeligheid van de detektiemechanismen, elektromechanische koppelfaktoren, stabiliteit en de invloed van de mechanismen op de resonantiefrequentie.

Hoofdstuk 6 behandelt enkele speciale onderwerpen betreffende de excitatie- en detektiemechanismen. Aan de orde komen de optische excitatie van silicium mikrostrukturen door een effekt dat 'elektronische rek' genoemd wordt, de karakterisatie van piezoelektrische materialen d.m.v. kwantitatief gebruik van het model dat in hoofdstuk 4 gepresenteerd werd, de elektrische overdrachtsfunktie van een piezoelektrisch bedreven resonator met twee elektrische energiepoorten en tot slot de invloed van een elektrische belasting op de kwaliteitsfaktor van een resonator systeem.

Hoofdstuk 7 betreft de responsie van silicium resonerende sensoren. Er is daarbij een onderscheid gemaakt tussen de kwasiestatische responsie, de stapresponsie en de harmonische responsie.

Hoofdstukken 3, 6 en 7 zijn ondersteund met experimenten, die over het algemeen een goede overeenkomst hebben met de theorie.

In hoofdstuk 8 tenslotte, zijn de belangrijkste konklusies van dit proefschrift nogmaals opgeschreven.

* * *

ON THE HYSTERESIS AND THE RECORDING PROCESS IN MAGNETIC MEDIA

H.A.J. Cramer
29 oktober 1993
Promotor: prof. dr. J.H.J. Fluitman

De informatiedichtheid in magnetische registratiesystemen is de laatste decennia aanzienlijk toegenomen. De verbetering van de magnetische eigenschappen van de registratiemedia heeft belangrijk bijgedragen aan deze toename. Het proces van magnetische registratie op deze media is echter ingewikkeld. In het verleden is hier uitgebreid onderzoek naar gedaan, maar het proces wordt nog steeds niet helemaal begrepen. Het onderzoek dat in dit proefschrift wordt beschreven heeft tot doel een bijdrage te leveren aan het inzicht in het registratieproces. Hiertoe is experimenteel onderzoek gecombineerd met de ontwikkeling van numerieke modellen. Het proefschrift bestaat uit vier delen, twee daarvan behandelen de magnetische hysteresis, de andere twee het registratieproces.

1: Experimenteel onderzoek naar hysteresis

Magnetische registratie is een techniek die gebruik maakt van de magnetische hysteresis. (Hysteresis is de eigenschap van magnetische materialen gemagnetiseerd te blijven na het aanleggen van een magnetisch veld.) Twee nieuwe methoden zijn ontwikkeld om de hysteresis van registratiemedia te onderzoeken.

De eerste methode is gebaseerd op een generalisatie van de Wohlfarth-vergelijking. Met deze methode kunnen de interacties tussen de magnetische eenheden in het medium worden bestudeerd. Met de oorspronkelijke methode was men beperkt tot een vergelijking van het effect van deze interacties in de volledig gewiste begintoestand met het effect in de volledig gemagnetiseerde begintoestand. Door de generalisatie kunnen twee willekeurig gekozen toestanden met elkaar worden vergeleken. Deze methode is toegepast op een deeltjesmedium. Hierbij bleek dat het gedrag van deze interacties zeer complex is.

De tweede methode is ontworpen om de intrinsieke magnetische eigenschappen van registratiemateriaal te kunnen bepalen. De voorkeursrichting van de magnetisatie in het materiaal is daarbij niet van belang. De demagnetiserende velden die op kunnen treden wanneer de magnetisatie niet in het vlak van het monster ligt, worden bij deze methode gecompenseerd. Met deze methode zijn de eigenschappen van een gesputterde Co-Cr-laag en een opgedampte Co-Ni-O-laag bestudeerd. Hierbij bleek dat deze materialen een zeer vergelijkbaar verloop van het coërcitief veld als functie van de hoek vertonen.

2: Modellering van de hysteresis

Om het proces van de magnetische hysteresis nauwkeurig te kunnen simuleren zijn twee bekende hysteresismodellen gecombineerd: het Preisach-model met schuivende interactievelden en het Stoner-Wohlfarth-model.

Een eenvoudige aanpassing heeft daarbij geleid tot een snelle numerieke implementatie van het gecombineerde hysteresismodel. De interactievelden uit het Preisach-model zorgen ervoor dat de details van de binnenlussen goed worden weergegeven. Ook de anhysteretische susceptibiliteit kan hiermee worden gesimuleerd. De vectoreigenschappen van het nieuwe model zijn even goed als die van het Stoner-Wohlfarth-model. Dankzij deze combinatie van eigenschappen kunnen de hysteresislussen van verscheidene registratiemedia, waaronder een opgedampte Co-Ni-O-laag, uitstekend gereproduceerd worden. Slechts enkele details van het hysteresisproces, waarbij de interacties tussen de magnetische eenheden een grote rol spelen, kunnen met het model niet gesimuleerd worden. Dit kon met de nieuwe methode voor het bestuderen van dit soort interacties worden aangetoond.

3: Experimenteel onderzoek naar het registratieproces

Met gerichte opname-weergave-experimenten kan men veel te weten komen over het registratieproces. Magnetische registratie op dikke deeltjesmedia is onderzocht met behulp van een nieuwe analysemethode. Deze methode is gebaseerd op een schalingsredenering. Er wordt vanuit gegaan dat de lengte van een magnetische overgang evenredig is met de magnetische potentiaalsprong over de spleet van de opnamekop. De analyse die op deze schalingsaanname is gebaseerd, kan worden gebruikt om de grootte van de afstandsverliezen te schatten. Hiervoor moet een aantal frequentiekarakteristieken worden gemeten met onderling verschillende instellingen van de opnamestroom. De methode levert een redelijk nauwkeurige schatting van de kop-band-afstand, zij het dat de schatting enigszins afhankelijk is van de gekozen waarden van de opnamestroom. Deze methode is gebruikt om ver-

schillende registratiemedia te vergelijken. Hierbij bleek dat de Hi8-MP-band de beste intrinsieke frequentiekarakteristiek heeft. De ongerichte bariumferrietmedia hebben de grootste optimale registratiediepte.

Hele andere verschijnselen worden waargenomen bij dunne Co-Cr-media met een loodrechte voorkeursrichting van de magnetisatie. Als in deze lagen opnames worden gemaakt met een ringkop treden er extra minima op in de frequentiekarakteristiek. Dit verschijnsel kan worden beschreven met een dubbel-transitie-model. Deze dubbele transitie ontstaat doordat aan de voorzijde van de kop een transitie wordt geschreven die aan de achterzijde van de kop niet geheel wordt gewist.

4: Modellering van het registratieproces

Voor het begrijpen van de basisprincipes van het registratieproces is een eenvoudig model voldoende. Om ook de details ervan te kunnen simuleren, is het gecombineerde hysteresismodel geïmplementeerd in een numeriek model van het registratieproces. De rekentijd kan aanzienlijk worden verminderd door de toepassing van een enigszins gewijzigd Newton-iteratie-schema.

Dit numerieke registratiemodel is gebruikt om de analyse, gebaseerd op de schalingsaanname, te evalueren. De schalingsaanname bleek niet correct, maar doordat verschillende fouten elkaar opheffen, geeft de methode toch een geschatte kop-band-afstand die minder dan 25% afwijkt van de werkelijke waarde.

Het registratiemodel is nog in ontwikkeling. Voorlopige simulatie laten wel zien dat de opname-weergave-karakteristieken van een aantal banden met geheel verschillende eigenschappen binnen 2 dB gereproduceerd kunnen worden, maar een dergelijke nauwkeurigheid kan ook met eenvoudige modellen worden bereikt. Verder onderzoek zal moeten aantonen dat met het nieuwe model ook ingewikkelde verschijnselen zoals overschrijven en bijstroomregistratie gesimuleerd kunnen worden.

* * *

MAGNETIC STRAY FIELDS OF PERIODICALLY ARRANGED Co-Cr MICRO STRIPS

J.G.Th. te Lintelo
12 november 1993
Promotor: prof. dr. Th.J.A. Popma

Dit proefschrift beschrijft het onderzoek naar magnetische strooivelden van Co-Cr micro strips. De reden voor dit onderzoek is gelegen in het streven naar toenemende bit dichtheid en miniaturisatie in magnetische data opslag en magnetische sensoren. In deze toepassingen bezit de magnetisatie een patroon, aangebracht door het schrijven van bits of het etsen van micron strukturen in het materiaal. Als gevolg hiervan ontstaan magnetische strooivelden buiten het materiaal, die de feitelijke informatie bepalen in deze toepassingen. Echter, de magnetisatie wordt door de vorm van het magnetisatie patroon beïnvloed, en daardoor op zijn beurt ook het magnetische strooiveld. In dit proefschrift is deze relatie tussen vorm en (strooi-) veld van magnetische micro strips onderzocht. De hamvraag hierbij is: 'hoe beïnvloeden parameters zoals de vorm, geometrie, magnetisatie en anisotropie van de micro strips de feitelijke vorm van het strooiveld?'.
De strips zijn met behulp van conventionele lithografische processen verkregen door as-sputtered Co-Cr te dimensioneren in micron-grote strips. Dit proces beïnvloedt niet de intrinsieke eigenschappen, zoals M_s en K_1, maar het beïnvloedt wel het magnetische gedrag in het materiaal en het strooiveld daarbuiten. Deze relatie is zowel theoretisch als experimenteel onderzocht en er is een goede overeenstemming. Het theoretische onderzoek is gebaseerd op magneto-statische berekeningen, waarbij ook de feitelijke vorm en geometrie van de micro strips werd meegenomen. Het experimentele onderzoek werd verricht met behulp van SEM en x-ray diffractie voor de micro-strukturele onderzoeken. VSM, koppel magnetometer, magnetic force- en Lorentz microscopie zijn gebruikt voor de magnetische karakterisatie.
Deze samenvatting is als volgt opgezet. De belangrijkste resultaten van de hoofdstukken 2, 4, 5 en 6 worden kort besproken in opeenvolgende alinea's. De laatste alinea van deze samenvatting bevat een algemene conclusie die de inhoud van dit proefschrift karakteriseert.

In hoofdstuk 2 is een theoretische beschrijving gegeven van demagnetisatie en strooivelden. Dit betreft magneto-statische berekeningen die gebaseerd zijn op de literatuur. Hier zijn ze echter toegepast op periodiek gerangschikte micro strips, die de schematische vorm hebben van de experimenteel onderzochte micro strips. De magnetisatie is hierin uniform in grootte verondersteld en de magnetische anisotropie loodrecht.
In de berekeningen zijn twee aanpakken bekeken, n.l. de magnetisatie wordt parallel verondersteld (§ 2.2) en de magnetisatie kan micro-magnetisch naar zijn evenwichtstoestand relaxeren (§ 2.3). Vooral de eerste aanpak bleek een relatief simpele beschrijving van het magneto-statische probleem te zijn, door een Fourier benadering van het magnetisatie patroon toe te passen. Daarom, en door het feit dat beide aanpakken in ongeveer hetzelfde gedrag resulteren, is de eerste aanpak toegepast voor berekeningen in de navolgende hoofdstukken. In hoofdstuk 2 is een algemeen toepasbare oplossing van de magnetische potentiaal gegeven waaruit demagnetisatie- en strooivelden gemakkelijk afgeleid kunnen worden. In de appendices A en B zijn verscheidene nieuwe afleidingen voor een aantal toepassingen gegeven, zoals strips met schuine zijkanten en rechthoekige strips die een domein struktuur bevatten.
De belangrijkste resultaten van de berekeningen in hoofdstuk 2 zijn dat het dimensioneren van een sample in een rechthoekige micro strip nauwelijks invloed zal hebben op de evenwichtswaarde van de domeinperiode. De invloed van deze domeinen op het strooiveld bevestigt dat voor afstanden tot de sample, die de dimensie van de domeinstruktuur te boven gaan, er geen invloed op de vorm van het strooiveld kan worden waargenomen. En dat het schuin staan van de zijkanten van de strips nauwelijks invloed heeft op het magnetische strooiveld. Op het demagnetisatie veld kan de invloed daarentegen aanzienlijk zijn.
De Fourier beschrijving is erg handig om het demagnetisatie- en strooiveld gedrag te begrijpen, en is daardoor praktisch toe te passen in magneto-statische ontwerpen. Hiervan zijn twee voorbeelden gegeven, n.l. bit stabilisatie in een VBLM (§ 2.4) en bit geometrie overwegingen in loodrechte digitale recording (§ 2.5). Het eerste voorbeeld is erg gebaat bij een simpele beschrijving van magneto-statika omdat een optimale bit stabilisatie in samenhang met vele verschillende eisen van het VBLM concept moet worden ontworpen. Uit het laatste voorbeeld volgde de voorspelling dat vierkante bits de beste vorm hebben voor hoge bit dichtheid in loodrechte digitale recording.
In het algemeen kan gezegd worden dat de resultaten van hoofdstuk 2 resulteren in een beter begrip van de magneto-statische overwegingen die gelden voor kunstmatig gemaakte micron strukturen. De algemene vraag is echter of deze theorie ook daadwerkelijk van toepassing is in de praktijk, waar de aanname van homogene magnetisatie in strips niet geldt. Dit is nader onderzocht in de experimentele hoofdstukken 4 t/m 6.

In hoofdstuk 4 is de invloed van demagnetisatie op het magnetische gedrag onderzocht. De praktische grond hiervoor was om de relatie tussen de vorm van de micro strip en de remanente loodrechte magnetisatie te bepalen (en dus de amplitude van het strooiveld!). Het kan echter ook als een magnetische meetmethode worden beschouwd die de invloed van demagnetisatie onderzoekt zonder de intrinsieke eigenschappen te veranderen. De relatie is

daarom ook van fundamenteel belang.
De invloed van de vorm en geometrie van de micron strips is gerelateerd aan een gemiddelde demagnetisatie faktor. Deze demagnetisatie faktor is experimenteel bepaald uit koppelmetingen en zijn waarde is vergeleken met de theorie uit hoofdstuk 2. Hoewel er af en toe grote afwijkingen tussen zitten, kan hieruit toch een feitelijke overeenkomst worden geconcludeerd. De afwijkingen zijn n.l. toe te schrijven aan fouten in het bepalen van de strip grootte en inhomogeniteit van de vorm op verschillende plaatsen op de sample. Maar ook aan de waarde van de anisotropie, die een anomale veld afhankelijkheid bezit voor deze materialen.
Mogelijke redenen voor deze anomale veld afhankelijkheden in de koppelkurves zijn in § 4.2 onderzocht en kwalitatief beschreven. De belangrijkste nieuwe resultaten zijn dat uit micro-magnetische simulaties blijkt dat de vorm anisotropie een tweede orde karakter bevat. Dat het inhomogene- en laag effectieve anisotropie karakter in een anomale veld afhankelijkheid kan resulteren. En dat de meetmethode (nul positie detectie en spiegel effecten) de anisotropie metingen ook beïnvloeden. In twee appendices zijn de theoretische veldafhankelijkheid voor verschillende anisotropie bronnen (app. C) en de invloed van het spiegel effect (app. D) afgeleid. Dit spiegel effect is tot nu toe in de literatuur altijd verwaarloosd, maar het is hier gebleken dat het een aanzienlijke bijdrage kan leveren voor laag effectieve anisotropie samples.
De relatie tussen demagnetisatie en magnetisch gedrag is in de rest van hoofdstuk 4 onderzocht. Hier is het interessante resultaat gevonden dat de demagnetisatie invloed op de meeste macroscopische parameters, zoals remanentie en anisotropie veld, door een simpele theorie verklaard kunnen worden. Deze theorie gaat uit van een gemiddeld demagnetisatie veld, hetgeen er op duidt dat voor een aantal magnetische eigenschappen de magnetische micro-struktuur homogeen kan worden verondersteld. De relatie tussen de demagnetisatie faktor en de coërciviteit is echter nog niet begrepen. Magnetische viscositeits- en domeinstruktuur metingen zijn hiervoor uitgevoerd, maar resulteerden niet in een eenduidige verklaring. Verder onderzoek wordt daarom aanbevolen omdat het tailoren van coërciviteit van groot belang is in vele toepassingen.
Het onderzoek naar de invloed van demagnetisatie op het tijdsafhankelijke gedrag is in overeenstemming met de theorie. De metingen die hier zijn gepresenteerd onderzochten de magnetische viscositeit als een funktie van de demagnetisatie faktor. De resultaten laten zien dat loodrechte media ongeveer hetzelfde gedrag vertonen als in-plane media. De Barbier plot daarentegen, die de relatie tussen magnetische viscositeit en coërciviteit logaritmisch weergeeft, blijkt een richtingscoëfficiënt van 2 te hebben. Dit resultaat is nog niet eerder gevonden en wijkt af van wat men voor in-plane materialen zou verwachten. Dit maakt het resultaat van fundamenteel belang voor onderzoek naar het omkeringsgedrag van loodrechte media.

Zoals eerder vermeld, bepaalt het strooiveld de feitelijke informatie in data opslag en magnetische sensor toepassingen. Dit strooiveld is onderzocht m.b.v. Lorentz- en magnetic force microscopie, in respectievelijk de hoofdstukken 5 en 6. Beide methoden resulteerden in een kwalitatieve bevestiging van de magneto-statische beschrijvingen in hoofdstuk 2 en duiden er daardoor op dat de magnetische micro struktuur als homogeen verondersteld kan worden. Ook laten deze resultaten zien dat een goede magneto-statische beschrijving van veel nut is in de interpretatie van strooiveld metingen. Zo'n interpretatie is nodig bij het ontwikkelen van nieuwe strooiveld meetmethodes zoals Lorentz tomografie en interpretatie van MFM resultaten. Hoofdstukken 5 en 6 kunnen als een aanzet hiertoe worden beschouwd.

In hoofdstuk 6 zijn MFM metingen aan strooivelden van micro strips, bits en domein strukturen uitgevoerd. De micro strips en bits vertoonden grote overeenkomst en bevestigen daarom de magneto-statische overwegingen in hoofdstuk 2. De MFM metingen aan de domein struktuur zijn gerelateerd aan de topografie van de sample door ook in AFM mode te scannen. Hieruit bleek dat domein afmetingen aanzienlijk groter zijn dan de kolomnaire Co-Cr struktuur en dat het nauwelijks werd beïnvloed door het dimensioneren in micro strips. Dit duidt erop dat de toename in coërciviteit niet direct aan een verandering in domein struktuur kan worden gerelateerd.

Als een algemene conclusie geldt dat de magneto-statische berekeningen in hoofdstuk 2, die afgeleid zijn voor uniforme magnetisatie, gelden voor de hier onderzochte micro strips. Dit maakt het praktische belang van deze algemeen toepasbare berekeningen duidelijk voor toepassingen en interpretatie van meetresultaten. Het fundamentele belang kan worden gezien in het feit dat bij het dimensioneren van dunne films in strips, de demagnetisatie invloed bekeken kan worden. Voor de hier onderzochte micro strips kan deze invloed worden begrepen door uit te gaan van een gemiddeld demagnetisatie veld. Het is echter ook van groot belang om te onderzoeken hoe dit zich voortzet indien de strips nog kleiner worden gemaakt, tot op sub-micron (of zelfs nanometer) schaal. Gedimensioneerde magnetische media kunnen dan worden gebruikt om het omkeringsgedrag van dunne films aan de theorie te koppelen.

* * *

OPTIMAL COMBINATION OF SEQUENTIAL IDENTIFICATION AND CONTROL

B. Franke
19 november 1993
Promotor: prof. dr. ir. J. van Amerongen

Dit proefschrift bespreekt de situatie dat een proces achtereenvolgens geïdentificeerd en geregeld wordt. De identificatie vindt plaats in open lus en het regelen in gesloten lus. Het probleem dat daarbij optreedt is hoe lang geïdentificeerd moet worden opdat de som van de kosten gedurende identificatie en regelen minimaal is. Om dit probleem voor willekeurige processen te kunnen oplossen, zal het eerst worden onderzocht voor eenvoudige processen. Daarom worden in dit proefschrift alleen lineaire, tijdsinvariante processen beschouwd.

In hoofdstuk 1 wordt een algemene inleiding gegeven in de probleemstelling. In hoofdstuk 2 wordt een analytische benadering gegeven voor de optimale identificatietijd voor een statisch proces. Door middel van simulaties wordt aangetoond dat het on-line toepassen van deze benadering leidt tot een goede benadering van de optimale oplossing.

In hoofdstuk 3 wordt aangetoond dat een analytische uitdrukking voor de optimale identificatietijd voor dynamische processen te complex wordt om in de praktijk toe te passen. Daarom wordt een heuristische benadering gezocht voor de optimale identificatietijd als functie van de procesparameters. Deze benadering wordt gevonden uit een groot aantal simulaties. Indien de procesparameters worden vervangen door hun schattingen, kan de heuristische benadering on-line worden gebruikt. Deze oplosmethode is uitgewerkt voor een integratorproces.

De in hoofdstuk 3 beschreven heuristische procedure blijkt voor ingewikkelder processen te complex te worden. Daarom wordt in hoofdstuk 4 een alternatieve oplossingsmethode aangedragen om minimale kosten te verkrijgen. Deze methode is gebaseerd op stopregels. In plaats van de optimale identificatietijd expliciet te bepalen zoals in de voorgaande hoofdstukken is

gebeurd, wordt hier op elk moment bepaald of identificatie moet doorgaan of dat begonnen moet worden met regelen. Deze beslissing is gebaseerd op de beschikbare informatie over de kosten en over het proces, te weten de schattingen van de procesparameters en covarianties. Twee verschillende soorten stopregels worden besproken: de ene gebaseerd op betrouwbaarheidsintervallen van de kosten en de andere gebaseerd op voorspellingen van de nog te maken kosten. De laatste soort heeft de voorkeur.

In hoofdstuk 5 worden twee stopregels uit hoofdstuk 4 die zijn gebaseerd op de nog te maken kosten, geverifieerd door middel van simulaties van een discreet tweede orde proces. Simulaties tonen aan dat de kosten die worden verkregen bij het toepassen van één van deze stopregels de minimale kosten dusdanig weinig overschrijden, dat dit nog acceptabel is voor de uitgevoerde simulaties.

De eindconclusie is dat voor de uitgevoerde simulaties de voorgestelde stopregel goed blijkt te werken.

* * *

NEURAL NETWORKS FOR CONTROL - ON KNOWLEDGE REPRESENTATION AND LEARNING

W.Th.C. van Luenen
25 november 1993
Promotor: prof. dr. ir. J. van Amerongen

Het onderwerp van dit proefschrift is de toepasbaarheid van neurale netwerken voor het ontwerp van regelsystemen.
Oorspronkelijk werden kunstmatige neurale netwerken ontwikkeld voor het modelleren van de menselijke hersenen. Meer recentelijk wordt van de neurale netwerken beweerd dat ze min of meer universeel toepasbaar zijn omdat ze in staat zijn tot het leren van uiteenlopende taken zoals patroonherkenning en patroonclassificatie, optimalisatie (het probleem van de handelsreiziger) en procesidentificatie. De veelbelovende resultaten in de literatuur hebben geleid tot een toenemende belangstelling van wetenschappers en hebben het onderzoek naar de toepassing van neurale netwerken in de regeltechniek gestimuleerd. De motivatie voor dit onderzoek lag met name in de mogelijkheid van neurale netwerken om te leren. Dit proefschrift tracht deze eigenschap te gebruiken voor het ontwerpen van regelsystemen.
De biologische oorsprong van sommige neurale netwerken en in het bijzonder de terminologie die gebruikt wordt in het vakgebied van de neurale netwerken heeft tot misverstanden geleid in andere, onder andere technische, disciplines. Dit werd met name veroorzaakt door de associatie met modellen van de hersenen en het gebruik van de term 'leren'. Daarom is het eerste deel van dit proefschrift gewijd aan het uiteenzetten van een conceptueel perspectief waarin 'leren' wordt gerelateerd aan de concepten kennis en kennisrepresentatie. Het leren bij mensen wordt als uitgangspunt genomen om het leren van een machine met betrekking tot een abstracte taakfunctie te definiëren. Vervolgens wordt gewezen op de mogelijkheid om in een lerende machine structuren te gebruiken die gerelateerd zijn aan het benaderen van functies, zogenaamde functie approximatoren. In termen van kennisrepresentatie zijn deze structuren context onafhankelijk. De kennis die door de structuur wordt gerepresenteerd is afhankelijk van de taak die door de machine geleerd dient te worden. Met behulp van het gehanteerde perspectief is het mogelijk het leren van een machine te relateren aan de terminologie die in de regeltechniek gebruikt wordt. Hiermee kan het conceptuele verschil worden aangegeven tussen de gebruikelijke technieken in de systeem identificatie en de adaptieve regeltechniek en het gebruik van een lerend systeem bij deze taken.
Vanuit het gegeven perspectief zijn neurale netwerken te interpreteren als uitbreidingen op (eenvoudige) modellen van biologische neuronen. Zij representeren dus kennis over biologische neuronen. De onderliggende concepten van neurale netwerken zijn het gebruik van veel identieke informatieverwerkende eenheden (parallelle gedistribueerde informatieverwerking) en het gebruik van een leeralgoritme voor het aanpassen van de parameters in die eenheden. In het geval van het meerlaags perceptron en het radiële basis functie netwerk, twee realisatievormen van neurale netwerken, kunnen deze concepten direct gerelateerd worden aan het benaderen van functies en niet-lineaire optimalisatie. Deze concepten zijn verantwoordelijk voor de eigenschap van deze neurale netwerken om een groot aantal taken te kunnen leren.
Daarom dienen neurale netwerken, indien ze gebruikt worden voor een taak anders dan biologische modellering, bezien te worden als context onafhankelijke structuren. Voor neurale netwerken gebruikt kunnen worden dient eerst een taakfunctie bepaald te worden. Het neurale netwerk kan dan gebruikt worden om deze taakfunctie te leren, dat wil zeggen te benaderen. De toepassing van neurale netwerken in regelsystemen vereist de benadering van continue functies. Het meerlaags perceptron en het radiële basis functie netwerk zijn in meer detail beschouwd omdat deze netwerken in staat zijn continue functies willekeurig goed te benaderen. Vanuit rekentechnisch oogpunt is de meerlagen architectuur minder aantrekkelijk dan de éénlaags architectuur van de radiële basis functie netwerken. De leeralgoritmes voor deze twee netwerken zijn equivalent met bestaande algoritmes voor niet-lineaire optimalisatie en systeem identificatie. Het gebruik van B-spline functies in de basis eenheden van een éénlaags netwerk wordt voorgesteld. Dit levert een conceptueel vergelijkbare structuur op die de rekentijd voor het evalueren en het leren vermindert.
De kwaliteit van neurale netwerken bij het benaderen van functies maakt ze bruikbaar voor uiteenlopende regelstrategieën. Er wordt een overzicht gegeven van de op dit moment beschikbare regelstrategieën die gebruik maken van neurale netwerken. In het algemeen blijken neurale netwerken bruikbaar in situaties waarin onvoldoende kennis beschikbaar is over de structuur van het proces model.
Neurale netwerken lijken algemeen toepasbaar bij de identificatie van (niet-lineaire) proces dynamica en (niet-lineaire) adaptieve regelsystemen. In deze toepassingen komt het on-line gebruik van lerende neurale netwerken neer op lerend regelen. Dit kan gezien worden als de volgende stap voorbij op modellen gebaseerde adaptieve regeltechniek. Het stelt een regelsysteem in staat zijn gedrag te verbeteren door het elimineren van structurele fouten in het model waarop het regelontwerp is gebaseerd.
De combinatie van neurale netwerken met rekenintensieve optimale stuur algoritmes lijkt een ander veelbelovend voorbeeld van het gebruik van neurale netwerken. Deze methode maakt het mogelijk om open lus stuursignalen, berekend met veel rekentijd vereisende optimale stuuralgoritmes, te gebruiken in een gesloten lus teruggekoppeld regelsysteem bij relatief hoge bemonsteringsfrequenties.
Praktische toepassingen van neurale netwerken worden nog nauwelijks genoemd in de literatuur. Het meeste onderzoek beperkt zich tot de theorie en tot simulatie studies. De resultaten van dit proefschrift laten zien dat de concepten van neurale netwerken op een zinvolle wijze toegepast kunnen worden in de praktijk. De case-studies in dit proefschrift, uitgevoerd op praktische opstellingen, tonen de haalbaarheid aan.
In de eerste case-studie wordt een niet-lineair model van een balancerende staaf en een dynamische programmeermethode gebruikt voor het genereren van data bestaande uit paren van de toestand en het stuursignaal. Een verzameling van deze data is gebruikt als een voorbeeld data set voor het maken van een benadering van een afbeelding van de toestandsruimte naar de stuur-

ruimte. De resulterende afbeelding, bepaald in een tijdrovende off-line berekening, kan gebruikt worden als een niet-lineaire feedback regelaar.
Een tweede case-studie heeft betrekking op een lerend regelsysteem voor de positie van een mobiele robot. Deze studie laat zien hoe de combinatie van een eenvoudig model en een B-spline netwerk gebruikt kunnen worden bij het ontwerp van een regelsysteem dat zijn gedrag in de tijd verbetert. De regelaar gebruikt een teruggekoppeld deel, ontworpen op basis van een klassieke ontwerpmethode en een vooruitgekoppeld deel dat in staat is te leren van de fouten van de teruggekoppelde regelaar. Het resulterende regelsysteem is in staat de gevolgen van zowel parameter- als structurele modelfouten te corrigeren. Het regelsysteem bleek ook in staat een bestaand regelsysteem, gebaseerd op een gedetailleerder model met geïdentificeerde parameters, in nauwkeurigheid te overtreffen.

* * *

MAGNETISATION REVERSAL IN Co-Cr THIN FILMS

S. de Haan
3 februari 1994
Promotor: prof. dr. Th.J.A. Popma

Dit proefschrift beschrijft een experimentele studie aan materialen voor loodrechte (Co-Cr) en magneto-optische recording (Co/Pt en Co/Pd multilagen). Het onderzoek vindt plaats in het kader om aan de continue behoefte aan een vergroting van de capaciteit van opslagmedia te kunnen voldoen. Hier moet men denken aan toepassingen als videobanden voor digitale TV-beelden en hard discs voor computers.
Om een hoge informatiedichtheid te kunnen bereiken is het noodzakelijk om de parameters van het materiaal goed te kunnen karakteriseren. Bij de start van dit project bestonden er geen karakterisatiemethoden die zo gevoelig waren dat het magnetisch schakelen van de kolommen in Co-Cr bestudeerd konden worden. Het anomale Hall effect (AHE) is in dit onderzoek gebruikt om een zeer gevoelige meetopstelling te realiseren. Voor ik hier verder op in ga wil ik eerst zeer kort de resultaten van de metingen aan multilagen bespreken en de karakterisatie van de struktuur van het Co-Cr.
Een apart hoofdstuk (hst. 6) is gewijd aan metingen aan Co/Pt en Co/Pd multilagen waarbij de anisotropie konstante van het materiaal is bepaald. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van een methode waarbij, uit hoekafhankelijke AHE-metingen, het koppel en de anisotropie konstante wordt afgeleid. De methode kent als nadelen dat er een zeer sterk magnetisch veld nodig is en dat het slechts geschikt is voor multilagen met een loodrechte anisotropie.
In dit proefschrift is een veelbelovend materiaal voor loodrechte recording (Co-Cr) onderzocht, hiervan zijn drie films genomen voor onderzoek, ieder met verschillende magnetische eigenschappen (lage, middel en hoge coërciviteit). De films hebben een dikte tussen de 200 nm en de 340 nm en zijn gesputterd op een thermisch geoxideerde Si-wafer.
Om beter in staat te zijn de 'magnetische' metingen te interpreteren zijn allereerst in hoofdstuk 4 diverse karakterisatie methoden toegepast om de struktuur en de morfologie van de films te bepalen. Dit zijn TEM (Transmissie Electronen Microsopie) om de kristalstruktuur van het materiaal te bepalen, EDX (Energy Dispersive X-ray) analyse om de locale compositie van het materiaal te bepalen, NMR (Nuclear Magnetic Resonance) om de compositionele separatie te bestuderen, AFM (Atomic Force Microsopie) en SEM (Scanning Electronen Microscopie) om het oppervlak en de kolomstruktuur te bestuderen.
De magnetische parameters welke in hoofdstuk 5 worden bepaald omvatten naast de AHE metingen aan submicron strukturen ook de bepaling van de macroscopische parameters bepaald met een VSM (Vibrating Sample Magnetometer) en een MFM (Magnetic Force Microscoop) aan 1x1 cm^2 samples van dezelfde materialen.
Zoals reeds is opgemerkt zijn de huidige magnetische karakterisatie methoden niet in staat om het reversal gedrag (omschakelen van de magnetische eenheden) van individuele Co-Cr kolommen te kunnen vastleggen. In hoofdstuk 3 wordt een meetopstelling beschreven, gebaseerd op het anomale Hall effect (AHE), waarmee een zeer grote gevoeligheid kan worden bereikt, zodanig dat het schakelen van delen van kolommen gemeten kan worden. Om dit onderzoek aan het schakelgedrag mogelijk te maken is het noodzakelijk om de Co-Cr samples te prepareren tot submicron Hall strukturen, met slechts een klein aantal kolommen, d.m.v. speciale litografische- en etstechnieken (electronen-bundel lithografie en ionen-bundel etsen). Deze technieken zijn ontwikkeld voor Co-Cr en eveneens beschreven in hoofdstuk 3.
De AHE-metingen aan de submicron strukturen zijn het belangrijkste onderdeel van dit onderzoek en de resultaten laten zien dat het schakelgedrag van de hoge, de middel en de lage coërciviteit films verschillend is. Deze verschillen kunnen gerelateerd worden aan de microstruktuur. De middel coërciviteit films bevatten enkele grote stappen in de hysterese curve, die overeenkomen met het schakelen van 1 Co-Cr kolom, de meeste stapjes zijn echter veel kleiner. In de hoge en de lage coërciviteit films zijn geen stapjes zichtbaar die overeenkomen met kolommen of grote delen hiervan. De microstruktuur en de locale Cr-compositie van het hoge coërciviteit sample geeft ook aan dat er vele kleine magnetische en niet-magnetische gebiedjes zijn per kolom, die mogelijk onafhankelijk van elkaar schakelen. De struktuur van het middel coërciviteit sample is echter homogener waardoor er grotere gebieden in een kolom tegelijkertijd kunnen schakelen. Deze homogeniteit is ook de oorzaak van een lagere coërciviteit.
Tenslotte zijn er micromagnetische simulaties verricht om het microscopische gedrag van een array van 5x5 Co-Cr kolommen te bestuderen. Met behulp van computermodellen zijn de resultaten te verklaren maar de rekencapaciteit (van supercomputers) is nog te beperkt om het complexe reversal gedrag van een echte magnetische film te voorspellen.

* * *

CONCEPTUAL DESIGN OF CONTROLLED ELECTRO-MECHANICAL SYSTEMS

Th.J.A. de Vries
17 februari 1994
Promotor: prof. dr. ir. J. van Amerongen

Dit proefschrift behandelt de ontwikkeling van computergebaseerde ondersteuning voor het conceptuele ontwerp van technisch-fysische systemen, met de nadruk op geregelde electro-mechanische systemen.
Twee nieuwe ontwerpbenaderingen zijn onlangs voorgesteld om tegemoet te komen aan de toenemende eisen die worden gesteld aan te ontwerpen produkten, namelijk "concurrent engineering" en "mechatronica". Beide benaderingen bepleiten een systeemgeoriënteerd gezichtspunt, en stimuleren een geïntegreerde aanpak van ontwerpvraagstukken. Twee typen problemen bemoeilijken het gebruik van een geïntegreerde aanpak tijdens conceptueel ontwerpen:
- samenwerking en coördinatie van leden van het ontwerpteam verloopt moeizaam, omdat men geen gemeenschappelijke betekenis toekent aan uitgewisselde boodschappen.
- vermindering van het gebrek aan begrip van het ontwerpprobleem is moeilijk en het benodigde leerproces neemt veel tijd in beslag.

Een formele, integrale beschrijving van het ontwerpproces maakt duidelijk dat het gebruik van modellen en abstracties van de werkelijkheid een doorslaggevende rol speelt, zowel tijdens communicatie als bij het leerproces. Oplossing van bovenstaande problemen vereist dan ook een verbetering van de modelleringsmogelijkheden van ontwerpsystemen.
Ten eerste moet het mogelijk zijn om één model gelijktijdig in meerdere talen te formuleren, zodanig dat het model kan worden gemanipuleerd in ieder van deze formuleringen. Dit concept wordt "multiple model formulations" (meerdere modelformuleringen) genoemd. Een systeemopzet is ontwikkeld die meerdere modelformuleringen mogelijk maakt en toch de verschillende formuleringen consistent en beheersbaar houdt. Deze opzet omvat automatische conversies tussen verschillende formuleringen van hetzelfde model. Met bondgrafen en iconische diagrammen als voorbeeld is aangetoond dat deze systeemopzet realiseerbaar is.
Voorts verlangen ontwerpers meer flexibiliteit van modelbeschrijvingen dan huidige modelvormingssystemen bieden. De oorzaak van het gebrek aan flexibiliteit is de manier waarop classificatie van subsystemen is gerealiseerd in deze systemen. Een verbetering hiervan wordt bereikt door modularisering van subsysteembeschrijvingen in een type en een specificatie, en door subtypering, dat wil zeggen het uitdrukken van een type als een specialisatie van een meer algemeen type. De combinatie van modularisatie en subtypering, genaamd "polymorphic modeling" (polymorf modelvormen), leidt tot hiërarchisch georganiseerde subsysteembibliotheken en geeft modelvormingssystemen de mogelijkheid aan te sluiten bij het evolutionaire karakter van modelvormen.
Een modelvormingsomgeving voor mechatronische systemen is beschreven: het MAX systeem. MAX ondersteunt de gebruiker in het aanmaken van modellen en het evalueren ervan door middel van netwerk-gebaseerde analyses. De concepten "multiple model formulations" (en wel voor bondgrafen en iconische diagrammen) en "polymorphic modeling" zijn samen opgenomen in het systeem. Conversies tussen modelformuleringen en polymorfe modelverfijningen maken het mogelijk snel inzicht te krijgen in het ontwerpprobleem. Door de aanwezigheid van een uitbreidbare, goed gestructureerde modellenbibliotheek kost het gebruik van expliciet vastgelegde modellen weinig tijd en moeite, zodat communicatie over het ontwerpprobleem verbetert. Deze eigenschappen maken MAX tot een krachtige modelvormings-omgeving die goed is aangepast aan het gebruik door ontwerpers.

* * *

ON THE ROLE OF BOND GRAPH CAUSALITY IN MODELLING MECHATRONIC SYSTEMS

J. van Dijk
18 februari 1994
Promotor: prof. dr. ir. J. van Amerongen

Het wordt steeds belangrijker bij het ontwerpen van een systeem of produkt om zo laat mogelijk in het ontwerp-proces over te gaan tot z.g.n. prototyping. Prototyping is namelijk duur en kost veel tijd en geeft niet altijd het gewenste resultaat. Daarom wordt in de conceptuele fase van het ontwerp veelal gebruik gemaakt van computer simulaties om de eigenschappen van het conceptuele ontwerp te analyseren. Hiervoor zijn efficiënte mathematische modellen van het ontwerp nodig. De efficiëntie van deze modellen wordt bepaald enerzijds door het gemak waarmee deze modellen kunnen worden samengesteld en anderzijds door de snelheid en het gemak waarmee de uit deze modellen verkregen vergelijkingen kunnen worden doorgerekend.
Het gemak waarmee de modellen worden samengesteld wordt bevorderd als de modellen grafisch worden gerepresenteerd. Gebruikelijke grafische representatievormen voor deze modellen zijn block-diagrammen, lineaire grafen, bond grafen en netwerken. Op deze wijze kunnen modellen grafisch worden gemanipuleerd totdat het gewenste resultaat wordt verkregen. In dit proefschrift zijn voor dit doel bond grafen gebruikt. Met behulp van bond grafen is het mogelijk tegelijkertijd de energetische structuur van een systeem te laten zien naast de z.g.n. rekentechnische structuur. Met behulp van causaliteit toekenning wordt de bond graaf enigszins uitgebreid en wordt de onderlinge afhankelijkheid van al de variabelen in het simulatie model zichtbaar.
In dit proefschrift worden drie bestaande analytische methoden om simulatie modellen van dynamische systemen op te stellen uitgedrukt in bond graaf causaliteit. Deze drie bestaande analytische methoden worden aldus drie causaliteit-toekenning mechanismen. Reeds bestaande causaliteit-toekenning algoritmen worden hiervoor gewijzigd en of uitgebreid om een optimaler resultaat te verkrijgen.
Er wordt aangetoond dat één van de causaliteit-algoritmes, de z.g.n. Modified Sequential Causality Assignment Algorithm (MSCAP), goed kan functioneren als een analyse gereedschap om de doelmatigheid van het model te testen c.q. aan te tonen. Met dien verstande dat deze analyse wordt uitgevoerd aan de hand van de causale bond graaf, voordat het uiteindelijke simulatie model (de vergelijkingen) is opgesteld.
De gewijzigde causaliteit-algoritmen worden met elkaar vergeleken. Als vergelijkingsbasis dient de efficiëntie van het verkregen simulatie model. De efficiëntie van het simulatie model wordt bepaald door een afweging te maken tussen model nauwkeurigheid en rekentijd. Een nauwkeurig model dekt vele aspecten van het systeem maar vergt veel rekentijd, een eenvoudig model is weliswaar snel door te rekenen maar geeft de volgende problemen. Het is niet direct duidelijk dat alle relevant gedachte aspecten van het systeem wel worden weergegeven en de uiteindelijk verkregen vergelijkingen kunnen singuliere differentiaal vergelijkingen zijn, de laatsten zijn niet altijd gemakkelijk door te rekenen. Modelvormen is aldus een afwegingsproces. Het wordt aangetoond dat ter ondersteuning van dit afwegingsproces het causaliteit mechanisme MSCAP een goed bruikbaar analyse-gereedschap is.
Een belangrijk deel van dit proefschrift is gewijd aan MSCAP; er wordt aangetoond dat de vergelijkingen van het simulatie model verkregen via MSCAP een bepaalde structuur hebben. Daardoor is het mogelijk de mate van singulariteit van de vergelijkingen af te lezen uit de causale bond graaf zonder dat het stelsel van vergelijkingen wordt opgesteld. We laten zien dat het stelsel van vergelijkingen verkregen via MSCAP in de meeste gevallen het meest efficiënte en het meest bruikbare stelsel is. Er zijn echter enkele uitzonderingsgevallen. De situatie waarin de uitzonderingsgevallen zich voordoen kunnen worden bepaald aan de hand van de causale bond graaf die met MSCAP is verkregen. De vergelijkingen van het simulatie model kunnen vervolgens worden opgesteld door de bond graaf opnieuw causaal te maken en aansluitend het stelsel vergelijkingen op te stellen met behulp van een van de twee besproken alternatieven.
In dit proefschrift wordt tevens aangetoond dat het gebruik van z.g.n. Lagrange multiplicatoren, bij de modelvorming van mechanische multi-rigid body systemen, een aanpak is die zowel modelvorming-technisch als numeriek gezien niet adequaat is.

* * *

ANALYSIS, MODELLING AND IMPLEMENTATION OF ANALOG INTEGRATED NEURAL NETWORKS

A.J. Annema
24 februari 1994
Promotor: prof. dr. H. Wallinga

Sinds het begin van de jaren 40 is er onderzoek gedaan op het gebied van kunstmatige neurale netwerken. Tot het einde van de 60-er jaren werden alleen neurale netwerken met één adapterende laag gebruikt, welke netwerken slechts eenvoudige trainingssets kunnen leren. Aan het einde van de jaren 60 kwam er vrijwel een eind aan het, tot dan toe, vele onderzoek op het gebied van de kunstmatige neurale netwerken. De sterk verminderde interesse in kunstmatige neurale netten werd mede veroorzaakt door (foutieve) speculaties in het boek "Perceptrons" van Minsky en Papert. De hieropvolgende periode van weinig onderzoek naar neurale netwerken duurde tot ongeveer het begin van de 80-er jaren.
Zo rond het midden van de jaren 80 ontstond een aantal andere neurale netwerk modellen, waarvan het meerlaags perceptron het bekendst is en het meest wordt toegepast. Dit proefschrift heeft het meer-laags perceptron als onderwerp. Het meerlaags perceptron bestaat uit over het algemeen meerdere lagen neuronen, waarbij iedere laag op zich uit een aantal neuronen bestaat. In dit proefschrift worden alleen enkellaags neurale netwerken en tweelaags perceptrons met slechts één neuron in de tweede laag behandeld. Uitbreiding van de analyses in dit boek naar algemene meerlaags netwerken is echter recht-toe-recht-aan.
In de bestaande literatuur wordt een meerlaags perceptron vrijwel altijd beschouwd als een zogenaamd black-box systeem. Als direct gevolg hiervan zijn modificaties van de leeralgorithmes en van de netwerk structuur vrijwel altijd intuïtief. In dit proefschrift wordt de zogenaamde "vector decompositie methode" geïntroduceerd en gebruikt voor de mathematische analyse van het leergedrag van perceptrons.
Met behulp van deze methode resulteren analyses van het leergedrag in relatief simpele en goed interpreteerbare uitdrukkingen die gebruikt (kunnen) worden om gefundeerde modificaties van zowel de netwerk structuur als van het leeralgorithme te maken.
Tevens worden de effecten van enige hardware-gerelateerde zaken op het leerproces doorgerekend, hetgeen resulteert in specificaties voor diverse bouwblokken voor analoge geïntegreerde neurale netwerken. Het blijkt dat (lerende) perceptron-achtige netwerken gerealiseerd kunnen worden in (geheel) analoge hardware maar dat vooral de parasitaire ladingsinjectie op de gewichtsopslagcondensatoren de toepasbaarheid van deze netwerken beperkt.

* * *

KNOWLEDGE BASED RECOGNITION OF MAN-MADE OBJECTS

K. Schutte
25 februari 1994
Promotoren: prof. ir. N.J. Mulder en prof. ir. D. Bosman

Dit proefschrift beschrijft een strategie welke gericht is op het herkennen van kunstmatige objecten in beelden. Met kunstmatige objecten worden objecten bedoeld die door mensenhanden vervaardigd zijn. Algemene leidraad bij de methoden welke in het proefschrift beschreven zijn is dat zij zoveel mogelijk gebruik maken van voorkennis.
Het gekozen probleemgebied is de analyse van luchtfoto's van stedelijke gebieden. Hierbij wordt getracht de drie dimensionale beschrijving te vinden die het beste de luchtfoto's verklaart. Eerst wordt een methode beschreven waarmee in samenwerking met een mens een dergelijke beschrijving gevonden kan worden. Hierna wordt een reeks van methoden beschreven die het mogelijk maken om dit probleem automatisch op te lossen.
De semi-automatische methode is gebaseerd op een samenspel tussen de computer en de menselijke gebruiker. De menselijke gebruiker voegt hierbij objecten toe aan een scene beschrijving, en kan tussen de verschillende objecten in de scene, en de camera's relaties leggen. In deze aanpak zorgt de computer voor parameter schattingen. Hiernaast verzorgt de computer ook een visuele feedback naar de gebruiker toe, bestaande uit een foto met daarop geprojecteerd de scene beschrijving.
De automatische methode is gebaseerd op een kennis- en modelgestuurde aanpak. De grondgedachte hierbij is dat de werkelijke meting vergeleken wordt met een voorspelling op basis van een modelbeschrijving. Door de modelbeschrijving aan te passen kan het verschil tussen meting en voorspelling verkleind worden, en hiermee de modelbeschrijving verbeterd. De automatische methode is op te delen in vier deelprocessen: segmentatie, hypothese generatie, parameter schatting en hypothese verificatie.
De segmentatie bestaat uit een aggregatie proces, gevolgd door een proces dat de segmentatie verbetert door gebruik te maken van kennis over mogelijke segment vormen.
De hypothese generatie vergelijkt een structurele beschrijving van het gevonden segmentatie resultaat met een data base van dergelijke structurele beschrijvingen, waarbij elke beschrijving in deze data base overeen komt met een mogelijk object. De vergelijking tussen de gevonden structurele beschrijving en de structurele beschrijvingen in de data base vindt plaats d.m.v. relaxatie en bipartite matching.
De parameter schatting optimaliseert de numerieke parameters van de scene beschrijving door de vorm van gevonden en voorspelde segmenten te vergelijken. Hierbij kunnen twee verschillende vormkenmerken gebruikt worden, momenten en scan lines. De momenten worden hierbij berekend door uit te gaan van een binaire representatie van een segment. Bij het gebruik van scan lines wordt de vorm van een segment beschreven door het begin en het eind van een segment over een scan line.
De hypothese verificatie is gebaseerd op het optimalisatie criterium van de parameter schatting op basis van de scan lines. Een hypothese wordt hierbij als waar aangenomen als het verschil tussen meting en voorspelling onder een grenswaarde blijft.
Resultaten laten zien dat de voorgestelde methode werkt. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat alleen in het geval van simpele beelden een perfect resultaat wordt bereikt.
Als suggesties worden twee extra processen voor de automatische methode voorgesteld. De eerste suggestie betreft een verbetering van het segmentatie resultaat door gebruik te maken van kennis welke voortkomt uit het huidige scene model. De tweede suggestie betreft de toevoeging van een proces voor hypothese verfijning. Hierbij worden de mogelijke verfijningen voorspeld door het huidige scene model.

* * *

ERBIUM-DOPED Y_2O_3 INTEGRATED OPTICAL AMPLIFIERS

T.H. Hoekstra
3 maart 1994
Promotor: prof. dr. Th.J.A. Popma

Optische telecommunicatie systemen zullen in de toekomst een belangrijk onderdeel vormen van de zogenaamde informatie snelweg, welke in staat moet zijn tot overdracht van grote hoeveelheden gegevens over lange afstanden. Belangrijke onderdelen van deze optische communicatie systemen zul-

len glasvezels en geïntegreerde optische circuits zijn. De glasvezels zijn, onder andere vanwege hun grote overdrachtscapaciteit en geringe overdrachtsverliezen, zeer geschikt voor het transport van informatie in het optische domein. De geïntegreerde optische circuits, waarbij passieve en actieve optische golfgeleiders geïntegreerd zijn op één substraat, zorgen hierbij voor het schakelen en sturen van de informatie zonder dat deze daarbij het optische domein verlaat. Hierdoor blijft de grote overdrachtscapaciteit behouden. Om aan de toekomstige eisen ten aanzien van de overdrachtscapaciteit te blijven voldoen zal de complexiteit van de optische telecommunicatie systemen toenemen. Daarmee zullen dus ook de benodigde geïntegreerde optische circuits ingewikkelder worden. Dit zou ertoe kunnen leiden dat het informatiesignaal tijdens de verwerking in het optische circuit onacceptabel verzwakt wordt. Een aantrekkelijke oplossing om deze verliezen te compenseren is het integreren van optische versterkers in deze complexe optische circuits. Voor de belangrijke telecommunicatiegolflengte van 1.5μm kan de laserwerking van materialen gedoopt met de zeldzame aarde erbium worden gebruikt om deze versterking te realiseren.

Dit proefschrift beschrijft het onderzoek naar de mogelijkheden en beperkingen van erbium gedoopte Y_2O_3 geïntegreerd optische versterkers. Het onderzoek is samengesteld uit diverse bouwstenen ieder met zijn eigen doel, zoals de keuze van het moedermateriaal, de vervaardiging van optische golfgeleiders van dit materiaal, het opzetten van analyse technieken voor erbium gedoopte golfgeleiders, de karakterisatie van vervaardigde Er:Y_2O_3 golfgeleiders en tot slot de berekening van het gedrag van Er:Y_2O_3 geïntegreerde optische versterkers.

In het wereldwijde onderzoek naar erbium gedoteerde geïntegreerd optische versterkers zijn twee stromingen waar te nemen. De grootste hiervan kenmerkt zich door een aanpak waarbij erbium ionen worden ingebouwd in materialen die bekend zijn om hun optische golfgeleiding eigenschappen. Hierbij moet men na dotering beoordelen of het toegepaste materiaal geschikt is als moedermateriaal voor de erbium ionen. De andere, later opgekomen stroming, waarvan dit onderzoek één van de eerste was die deze benadering heeft gevolgd, gaat uit van materialen die bekend zijn als een goed moedermateriaal. Hierbij moet men onderzoeken of het gebruikte materiaal ook geschikt is voor toepassing als optische golfgeleider.

Voor het fabriceren van geïntegreerd optische golfgeleiders is in principe een grote variatie aan materialen en fabricagemethoden beschikbaar, zodat er ruime mogelijkheden zijn binnen laatstgenoemde stroming. In dit onderzoek is gekozen voor Y_2O_3 als moedermateriaal op basis van de eigenschappen voor het inbouwen van erbium ionen zoals: de mogelijkheid voor relatief hoge erbium concentraties en lange levensduur van de aangeslagen toestanden. Bovendien was onze verwachting dat, ondanks de afwezigheid van rapportage in de literatuur, de vervaardiging van Y_2O_3 optische golfgeleiders goede uitzichten bood.

Wij bleken inderdaad in staat om goede optische golfgeleiders op basis van Y_2O_3 dunne films te kunnen maken door het toepassen van een speciale fabricagetechniek, namelijk reactief sputteren met een zogenaamd sputterkanon. Bij een golflengte van 1.5μm liggen de verliezen van de Y_2O_3 golfgeleiders in de ordegrootte van 0.5dB/cm. De erbium ionen zijn ingebouwd door gebruik te maken van een co-sputter proces waarbij een tweede sputterkanon met een erbium bron wordt ingeschakeld. Dit proces heeft onder andere als voordeel dat verschillende erbium concentraties, en verdelingen daarvan, relatief eenvoudig gerealiseerd kunnen worden. Tot slot wordt een ionen bundel ets techniek gebruikt om in de Er:Y_2O_3 dunne films licht geleidende kanalen te vormen.

Om de Y_2O_3 optische golfgeleider eigenschappen en de spectroscopische kenmerken van de ingebouwde erbium ionen goed te kunnen evalueren is een speciale prisma inkoppel opstelling ontworpen en gerealiseerd. Bij deze opstelling kunnen de prisma's precies en reproduceerbaar gepositioneerd worden op de golfgeleider, hetgeen van belang is bijvoorbeeld voor de bepaling van de golflengte dispersie van de brekingsindex en voor de spectrale dempingsmetingen.

Uit de metingen uitgevoerd met deze opstelling bleek dat de spectroscopische eigenschappen van het in de Y_2O_3 dunne film ingebouwde erbium ionen vergelijkbaar zijn met de literatuurwaarden voor éénkristallijn Er:Y_2O_3. Dus de gefabriceerde Y_2O_3 dunne films vormen naast een goede golfgeleider ook inderdaad een goed moedermateriaal. Zo is bijvoorbeeld een levensduur van de eerste aangeslagen toestand van het erbium ion van 7ms gemeten bij een erbium concentratie van 0.2at%.

De optische versterking in erbium gedoopte golfgeleiders vindt plaats door gestimuleerde emissie waarbij een erbium ion in de eerste aangeslagen toestand terugvalt naar de grondtoestand. Netto versterking treedt op in de situatie waarbij de meerderheid van erbium ionen is aangeslagen, ofwel populatie inversie. Deze toestand wordt bereikt als de snelheid waarmee de erbium ionen worden aangeslagen door het pomplicht groter is als de leegloop van de aangeslagen toestand door spontane emissie. De hoeveelheid pomplicht benodigd voor populatie inversie is dus afhankelijk van de levensduur van de erbium ionen. Helaas bestaan er naast de spontane en gestimuleerde emissie diverse parasitaire effecten die zorgen voor een extra leegloop van de aangeslagen toestand en dus in een moeilijker te bereiken populatie inversie. Zo hebben wij een nadelige verkorting van de levensduur gemeten naarmate de erbium concentratie toeneemt. Deze daling als gevolg van een extra leegloop treedt op doordat de energie van een aangeslagen erbium ion efficiënt wordt overgedragen aan een naburig erbium ion. Dit proces kan meervoudig optreden totdat een interactie met bijvoorbeeld een roosterfout of onzuiverheid plaatsvindt waardoor de opgenomen energie uitdooft. Een aanwijzing voor een ander parasitair effect werd gegeven door de emissie van fotonen met een hogere energie, en dus kortere golflengte, dan de activerings fotonen. Dit duidt op interactie tussen een aangeslagen erbium ion met een eveneens aangeslagen buurman uitmondend in een meervoudige excitatie. Ook dit proces is nadelig voor het bereiken van populatie inversie en neemt toe bij hogere erbium concentraties.

Deze parasitaire effecten zijn opgenomen in een model om de versterking van een erbium gedoopte geïntegreerd optische golfgeleider te voorspellen. Andere bijzondere aspecten van dit model zijn: intensiteits afhankelijke overlap integralen, modale veldverdelingen volgens de methode van Marcatili, een plaatsafhankelijke verdeling van de erbium ionen, het manifesteren van verliezen in de golfgeleider. De vergelijkingen waarin het model resulteerde worden opgelost door het toepassen van een numeriek propagatie algoritme welke is geïmplementeerd in een computerprogramma. De aldus berekende versterking op basis van onafhankelijk bepaalde invoerparameters liet een goede overeenkomst met experimenteel gemeten versterking zien.

Uit verdere berekeningen bleek dat vooral de erbium concentratie in belangrijke mate de prestaties van de geïntegreerde optische versterker bepaalt. Enerzijds is een relatief hoge concentratie vereist om op een korte golfgeleider lengte voldoende versterking te bereiken, anderzijds veroorzaken concentratiedoving en meervoudige excitatie voor een beperking van het pomprendement bij deze relatief hoge erbium concentraties. Desalniettemin voorspelt het model voor een gedeeltelijk geoptimaliseerde Er:Y_2O_3 versterker een versterking van 15dB voor het lage ingekoppeld pompvermogen van 30mW. Voor deze versterker wordt een netto versterking al behaald bij pompvermogens kleiner dan 10mW. Echter de gebruikte experimentele opstelling om de optische versterkers te testen liet slechts een ingekoppeld pompvermogen van 2mW toe. Voor een ongeoptimaliseerde Er:Y_2O_3 golfgeleider gaf dit al een signaaltoename van 15 dB, maar dit was echter niet voldoende om een netto versterking te krijgen. De voorspellingen met behulp van het model, waarbij experimentele invoergegevens gebruikt worden, geven aan dat de Er:Y_2O_3 geïntegreerd optische versterkers goede mogelijkheden in het

vooruitzicht stellen.
Met dit onderzoek is de bovengrens in de prestaties en mogelijkheden van $Er:Y_2O_3$ optische golfgeleiders zeker nog niet bereikt. In de slotbeschouwingen worden enkele veelbelovende verdere ontwikkelingen aangestipt. Zo wordt bijvoorbeeld hierin aangegeven dat, naast gedistribueerde, ook lokale versterking verkregen kan worden met deze gesputterde $Er:Y_2O_3$ lagen door het toepassen van een relatief eenvoudige etagebouw techniek. Tenslotte wordt behandeld, welke betekenis het hier gepresenteerde onderzoek kan hebben voor het totale geïntegreerde optische versterker veld.

* * *

TESTABILITY CONCEPTS FOR DIGITAL ICs

F.P.M. Beenker
14 april 1994
Promotoren: prof. dr. H. Wallinga en prof. dr. ir. Th. Krol

Dit proefschrift handelt over het testbaar ontwerpen van digitale Integrated Circuits (ICs). Het onderwerp van testbaar ontwerpen vindt zijn oorsprong in de kwaliteitseisen voor digitale ICs. Kwaliteit vereist een test op correctheid voordat een produkt aan een klant geleverd wordt. Vanwege de sterke groei van technische mogelijkheden en de daarmee groeiende complexiteit van digitale ICs is de complexiteit van het testen evenzeer toegenomen. Een test fungeert als filter. Dit filter mag alleen goede produkten doorlaten. Test en kwaliteit zijn dan ook onlosmakelijk met elkaar verbonden. Echter, een test kan ook foute produkten doorlaten. Hoe beter een test, des te minder foutieve produkten een klant bereiken. De foutieve ICs zijn voor de producent. Een IC fabrikant moet leren van zijn fouten. Door de oorzaak van fouten op te sporen kan men het fabricageproces, het produkt of de test verbeteren. Er is dus een noodzaak om een test te ontwikkelen die zowel de foutieve ICs opspoort als bij de foutieve ICs een mogelijke oorzaak van fouten aangeeft.
Het ontwikkelen van een testprogramma moet snel en accuraat gebeuren, tegen zo gering mogelijke kosten, resulterend in een zo hoog mogelijke kwaliteit. Gezien de hoge kosten voor test apparatuur, bijbehorende software en test operators, moet de tijd voor het testen kort zijn. Deze voorwaarden komen met elkaar in conflict. Dit is zeker het geval als het ontwerpen van een digitaal IC en het ontwerpen van een test twee gescheiden activiteiten zijn. Het vinden van een acceptabele test oplossing vereist dat IC ontwerp en IC test geïntegreerde activiteiten zijn. Dit wordt testbaar ontwerpen genoemd. Het opstellen van een methode voor testbaar IC ontwerp die het mogelijk maakt om op een effectieve manier een kwalitatief goede test te ontwikkelen is het hoofdonderwerp van dit proefschrift.
Een test kan verschillende aandachtsgebieden hebben. Deze aandachtsgebieden hebben te maken met de verschillende stadia van IC ontwerp en fabricage. IC ontwerp begint met het vertalen van een applicatie-wens naar een functionele gedragsbeschrijving. Deze gedragsbeschrijving wordt op zijn beurt vertaald naar een structuurbeschrijving die in de fabriek op silicium gezet wordt. Een test kan derhalve zijn aandacht richten op correctheid van een IC in zijn applicatie, functionele correctheid, structurele correctheid, of correctheid bij variërende parameter condities en omgevingsomstandigheden. Wij richten onze aandacht op het testen van de structurele correctheid.
In dit proefschrift hanteren we de volgende definitie van testbaarheid van een digitaal IC. Een digitaal IC is testbaar als we een test kunnen ontwikkelen, uitvoeren en analyseren zodanig dat aan vooraf gestelde eisen aan foutendetectie en foutenlocatie voldaan wordt binnen een vooraf bepaald kostenbudget en tijd. Deze definitie is vaag en open voor een eigen interpretatie. Ieder bedrijf heeft verschillende kwaliteitseisen, verschillende kostenstructuren, verschillende produkten en verschillende doorlooptijden. Dit houdt in dat er geen generieke testbaar ontwerp methode bestaat die aan alle eisen voor elk bedrijf voldoet. Een geschikte testbaar ontwerp methode vereist de mogelijkheid voor een specifieke oplossing voor een specifiek produkt. De in dit proefschrift ontwikkelde Macro Test methode voldoet aan deze eis en vormt de achtergrond van al het materiaal in dit proefschrift.

Het materiaal in het proefschrift wordt besproken volgens de volgende hoofdstukindeling.
Hoofdstuk 1 handelt over de problemen die kunnen optreden bij het testen van digitale ICs. Kwaliteitsaspecten worden in ogenschouw genomen en een aantal doelstellingen worden beschreven. We beperken ons tot het testen van de structuur van een IC zoals die tijdens het fabricageproces aangebracht is.
Hoofdstuk 2 bespreekt het type van defecten dat we willen detecteren. Defecten zijn veranderingen in de structuur van een IC en worden gemeten middels het analyseren van het gedrag van een IC in een bepaalde toestand. Dit vereist een vertaling van structuurverandering in gedragsverandering. Een methode om zo'n vertaling tot stand te brengen wordt beschreven.
Hoofdstuk 3 bespreekt de basis concepten van de Macro Test methodiek. Macro Test wordt gepresenteerd vanuit twee invalshoeken. Enerzijds redenerend vanuit kwaliteitseisen en anderzijds redenerend vanuit integratieaspecten met moderne IC ontwerpmethoden.
Hoofdstuk 4 handelt over verschillende methoden om een macro van een IC te testen. Als voorbeeld wordt een statisch geheugen genomen. Zowel een foutmodel als een zelf-test methode wordt behandeld.
De hoofdstukken 5, 6 en 7 concentreren op de theorie van Macro Test. Deze hoofdstukken behandelen de aspecten van bereikbaarheid van macros middels scan-ketens, het ontwerpen van controle logica om de stroom van test data te kanaliseren, en test-tijd minimalisatie aspecten middels het tegelijkertijd testen van verschillende macros.
Hoofdstuk 8 bespreekt een aantal applicaties van de Macro Test methode waarbij gebruik gemaakt is van ontwikkelde software programmatuur. Deze software wordt beschreven in de appendix A.
Hoofdstuk 9 geeft de belangrijkste conclusies, en positioneert zowel de Macro Test methode als de ontwikkelde software tegen andere populaire methoden en beschikbare software. Verder worden enkele suggesties gegeven voor verder onderzoek.

* * *

HIGH QUALITY AUTOMATIC DEM GENERATION FROM MULTIPLE IMAGERY

K.C. Lo
29 april 1994
Promotoren: prof. ir. N.J. Mulder en Prof. Dr.-Ing. B.P. Wrobel

Voor het automatisch genereren van digitale hoogtemodellen (DHM) met hoge-precisie uit een reeks van (stereo) beelden wordt hier een methode voorgesteld die werkt van "grof naar fijn", in de zin van resolutie en nauwkeurigheid. Het vinden van bij elkaar passende beeldelementen mislukt binnen uniform grijze vlakken of vlakken met een uniforme textuur. Bovendien is er geen correspondentie in die vlakken waar, in de tijd die is verstreken tussen de opnamen van de stereo-fotoparen, de bodembedekking gewijzigd is. Derhalve wordt een nieuwe benadering voor het vinden van overeenkomende vlakken en lijnen in beeldreeksen aanbevolen. "Region growing" wordt gebruikt voor beeld-segmentering van homogene grijze vlakken en, nadat spectrum analyse is toegepast voor beeldsegmentering van uniforme textuurvlakken. De grenzen van de beeldsegmenten worden gedetecteerd en de vorm

van de vlakken wordt beschreven door ψ-s curven (curvilineaire oriëntatielengte curven). In combinatie met andere eigenschappen van het vlak, zoals de grootte, het zwaartepunt, etc. wordt een eigenschappenlijst opgesteld. Uit de beschikbare voorkennis wordt het zoeken naar overeenkomende vlakken in de beschikbare beelden gestart, waarna deze aangepast worden door een relaxatie proces totdat de definitieve verbonden vlakkenparen zijn gevonden. De hoogte van ieder vlak wordt berekend uit het verschil in positie tussen de verbonden vlakkenparen in alle beelden.
Lijnkenmerken kunnen ook gebruikt worden bij het maken van het grove DHM. In tegenstelling tot de gebruikelijke methoden die met behulp van signaalbewerkingstechnieken op fotometrisch niveau verbindingen leggen tussen segmenten in de beeldruimte, wordt hier kennis-technologie gebruikt, teneinde op een hoger niveau kenmerken te maken en te behandelen via de eigenschappenlijst. Het vergelijken van kenmerklijsten leidt tot een hoge betrouwbaarheid van objectpaar vorming.
In de daaropvolgende stap wordt de methode van stapsgewijze verfijning voorgesteld ter verkrijging van een preciezer DHM. Deze aanpak verschilt van de traditionele twee-stappen benadering die eerst de punten in beelden verbindt en het DHM vervolgens bepaalt door kruising van lichtstralen. Verbetering van methode vindt plaats door de beeldgegevens aan een ruimtelijk model te relateren teneinde object-reflectie G(X,Y) van een object vlak Z(X,Y) te verkrijgen. Vervolgens worden Z(X,Y) en G(X,Y) gelijkertijd geschat d.m.v. het criterium van de kleinste kosten (kleinste kwadraten) van gemaakte schattingsfouten.
De nadelen van vergelijken in beeldruimte, waarbij de meervoudige beelden van hetzelfde object verschillende geometrische of reflectie-afwijkingen geven, kunnen worden vermeden. De zeer handelbare (flexibele) methode maakt het de gebruiker mogelijk om meer dan twee beelden voor een G,Z oplossing te hanteren, daarmee zowel de juistheid als de betrouwbaarheid vergrotend.

* * *

ADVANCED TECHNIQUES FOR INTEGRATED CIRCUIT FAILURE ANALYSIS... AND MORE!

K.M.A. van Doorselaer
29 april 1994
Promotor: prof. dr. J.F. Verweij

Elke techniek die ontwikkeld wordt voor falingsanalyse, zou zichzelf uiteindelijk overbodig moeten maken: de gedetailleerde informatie die verkregen wordt bij de analyse van een bepaald soort falers, moet het mogelijk maken om de foutoorzaak te kunnen vermijden. Daarom wil dit werk zich niet beperken tot de analysetechnieken op zich. Het belangrijkste deel gaat verder in op de toepassingen en het praktisch nut van de technieken. Eerst wordt een algemeen (subjektief) overzicht gegeven van de verschillende technieken die ik geëvalueerd en gebruikt heb voor de falingsanalyse van geïntegreerde schakelingen. Ook worden de interessante nieuwe ontwikkelingen uit de literatuur aangeduid. Daarna legt dit proefschrift zich verder toe op twee specifieke technieken die blijk hebben gegeven van uitzonderlijk nut in hun toepassingsgebied. In beide gevallen is dit toepassingsgebied uitgebreid tot ver buiten de grenzen van louter falingsanalyse.
Microfocus röntgen mikroskopie en akoestische mikroskopie zijn relatief recente technieken voor de analyse van de verpakking van IC's. Na het selekteren van de geschikte types mikroskoop, hebben we beide technieken veelvuldig gebruikt (zie hoofdstuk 2) voor falings-analyses, evaluatie van verpakkingen, en betrouwbaarheidsstudies. Dit laatste soort werk richtte zich vooral op de evaluatie van plastic-verpakte IC's in temperatuur-wisselproeven met behulp van akoestische mikroskopie. Dit werk, dat beschreven staat in hoofdstuk 3, heeft een werkelijke doorbraak veroorzaakt in het begrijpen van de foutmechanismen die optreden bij temperatuur-wisselproeven. Als gevolg van dit en soortgelijk werk door andere auteurs (voornamelijk Dr. T. Moore et al) werd akoestische mikroskopie wereldwijd aanvaard als het hulpmiddel bij uitstek voor evaluatiestudies over de betrouwbaarheid van plastic-verpakte IC's.
Een essentiële mijlpaal in dit gebeuren is de definitie van een apparatuuronafhankelijke meetmethode, die gebaseerd is op de fysika van akoestische mikroskopie, in plaats van op methoden die eigen zijn aan een bepaald type mikroskoop. Ons voorstel voor zo een meetmethode, en het daaraan gekoppeld fout-kriterium, wordt beschreven in hoofdstuk 4. Op dit moment wordt de algemeen aanvaarde "popcorn"-test aangepast: voortaan zal er voornamelijk gebruik gemaakt worden van akoestische mikroskopie om de vochtgevoeligheid van plastic-verpakte "surface mount" IC's te bepalen. Op deze manier kan bovendien extra informatie bekomen worden in verband met de foutmechanismen. Dit wordt aangetoond door onze resultaten in de "popcorn"-testen van een nieuw verpakkingstype (TQFP): bij dit type is de dikte van de verpakking zo sterk teruggebracht, dat het "cracking"-mechanisme sterk verschilt van het "popcorn"-mechanisme van standaard PQFP verpakkingen.
Voor de analyse van silicium- en ontwerp-gerelateerde falers wint de zogenaamde "Focused Ion Beam" (FIB) techniek zeer snel aan belang. De gefokusseerde ionenbundel die hierin gebruikt wordt, is een extreem krachtig instrument dat gebruikt kan worden voor zowel het prepareren van IC's voor verdere analyse, als voor het ontwarren en analyseren van falende circuits. De veelzijdigheid van deze techniek wordt gedemonstreerd aan de hand van een specifieke falingsanalyse (hoofdstuk 5). Deze was een van de eerste gerapporteerde analyses waarin gebruik gemaakt werd van het FIB-geïnduceerde opladings-kontrast om de plaats van een onderbreking te bepalen.
Het toepassingsgebied van FIB wordt nog steeds breder door het stijgend belang van de mogelijkheid tot snelle verifikatie van design-aanpassingen door middel van aanpassingen aan reeds bestaande circuits op silicium. Hoofdstuk 6 geeft eerst een overzicht van "oude" technieken voor circuit aanpassingen op silicium, om dan de toepassing van FIB op dit gebied te beschrijven. Recentelijk werken we nauw samen met een FIB vendor op het gebied van "Gas Assisted Etching" (GAE). Onze bijdrage hierin (beschreven in hoofdstuk 6) is sterk gericht op het evalueren van de extra mogelijkheden die geboden worden door GAE in FIB.
Een inherent zwak punt van FIB is de traagheid van deze techniek om laagohmige verbindingen te maken over lange afstanden (> 1mm). We hebben verscheidene methoden geëvalueerd om dit te versnellen door FIB te kombineren met een van de oudere technieken voor circuit aanpassingen. Dit wordt beschreven in het laatste deel van hoofdstuk 6. Vooral onze uitvinding om hoog-ohmige FIB verbindingen te verbeteren door middel van koper-plating, betekent een belangrijke verbetering van standaard FIB gebruik.

* * *

SILICON PROCESS CHARACTERISATION BY MEANS OF X-RAY DIFFRACTION

J.G.E. Klappe
20 mei 1994
Promotor: prof. dr. P.H. Woerlee

Röntgendiffractie is een meetmethode waarmee niet-destructief informatie kan worden verkregen van kristallijne materialen. Door de interaktie van röntgenstraling met het kristalrooster, ontstaan interferentie patronen die bij nauwkeurige analyse kwalitatieve en kwantitatieve informatie geven over de sa-

menstelling en structuur van het te bestuderen materiaal. In dit proefschrift is een bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van deze meetmethode als gereedschap voor proces karakterisatie. Deze methode is toegepast bij de bestudering van geïmplanteerd silicium, na Rapid Thermal Annealing (RTA), en bij Rapid Thermal Chemical Vapour Deposition (RT-CVD) van polykristallijn silicium in een Rapid Thermal Multi-Processing (RTMP) systeem.
Hoofdstuk 1 geeft een algemene inleiding, waarin het belang van RTMP in de hedendaagse IC-technologie wordt beschreven.
Hoofdstuk 2 gaat in op enkele meettechnieken bij röntgendiffractie en geeft een introduktie in de theorie.
In Hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe de metingen kwantitatief kunnen worden geanalyseerd met behulp van een computerprogramma. Door middel van fitting worden gesimuleerde rocking curves gefit aan gemeten curves. Door de curves eerst "glad te strijken", worden lokale minima in de optimalisatieprocedure vermeden. Nadat een goede fit is verkregen, worden de curves weer teruggebracht naar hun oorspronkelijke vorm en kan de optimalisatieprocedure worden voltooid.
In Hoofdstuk 4 is Transient RTA (T-RTA) gebruikt voor de annealing van hoge-energie implantaties van fosfor en boor. Met behulp van röntgendiffractie is de optimale piek-temperatuur bepaald, waarbij de implantatie-schade die resteert na de annealing, beneden de gevoeligheidslimiet van de röntgendiffractie methode komt te liggen. In dit hoofdstuk is een vergelijk gemaakt tussen verschillende reflecties en er is aangetoond dat de 026 reflectie de meest gevoelige is voor de hoge-energie implantaties.
Hoofdstuk 5 laat zien dat het mogelijk is met hoge-resolutie röntgendiffractie de grootte te bepalen van secundaire defecten die resteren na annealen van ionen-geïmplanteerd silicium. Een goede overeenkomst met electronenmicroscopie foto's is verkregen.
Hoofdstuk 6 gaat over lage-energie implantaties van fosfor en boor in silicium. Het eerste deel van dit hoofdstuk gaat over de schade die is gecreëerd door de implantaties. Er blijkt een lineair verband te bestaan tussen de hoeveelheid verplaatste silicium atomen - die gemeten is met Channeling Rutherford BackScattering (C-RBS) - en de strain - die gemeten is met röntgendiffractie. Met behulp van deze relatie kan eenvoudig de hoeveelheid schade ten gevolge van de ionen-implantatie worden bepaald en bovendien kan een uitspraak worden gedaan over de verwachting of er secundaire defecten zullen vormen tijdens oven-annealen. In het tweede deel van dit hoofdstuk worden de resultaten na annealen geanalyseerd met behulp van diverse technieken. Met röntgendiffractie blijkt het goed mogelijk om de concentratie-profielen van substitutioneel fosfor te bepalen. Bij boor blijkt dit niet goed mogelijk, waarschijnlijk ten gevolge van de invloed van kristaldefecten op de metingen, maar er kan wel worden afgeschat wat de mate van activatie is. Activatie betekent hier dat de atomen zich op roosterplaatsen in het silicium kristalrooster bevinden. De elektrische activatie blijkt met deze meetmethode helaas niet goed te bepalen, hiervoor zijn elektrische metingen nodig, die een lagere activatie laten zien. Waarschijnlijk bevinden zich kleine P-Si precipitaten of roosterplaatsen, die bijdragen aan de strain, maar die niet elektrisch aktief zijn. De oven-anneals resulteren over het algemeen in de kleinste lekstromen van diodes, ten opzichte van RTA. Een verklaring hiervoor is de generatie van elektrisch actieve kristaldefecten ten gevolge van de snelle temperatuurswisselingen bij RTA. Een kleine concentratie hiervan, beneden de gevoeligheidslimiet van röntgendiffractie, heeft al een grote invloed op de lekstromen.
In Hoofdstuk 7 wordt een analyse gemaakt van lage-energie implantaties van fosfor en boor-fluoride ten bate van het Philips kwart-micron proces. Soortgelijke resultaten als in Hoofdstuk 6 worden hierbij gevonden.
Hoofdstuk 8 is een beschouwing van implantaties van boor en koolstof. Na implantaties van vrijwel alle elementen in silicium is de vorming van secundaire defecten tijdens oven annealen afhankelijk van de hoeveelheid gegenereerde schade, onafhankelijk van het geïmplanteerde element. Zo gauw een kritische hoeveelheid schade wordt overschreden, treedt secundaire-defectformatie op. Bij implantatie van koolstof geldt dit echter niet. De verklaring hiervoor is nog niet geheel duidelijk, maar met behulp van röntgendiffractie is een verschil duidelijk geworden tussen boor- en koolstofimplantaties. Na annealen van een boorimplantatie is de verandering van de roosterkonstante van het silicium negatief, d.w.z. dat het rooster inkrimpt. Bij koolstof blijft deze echter positief. Verschillende verklaringen kunnen hiervoor worden gevonden. Het koolstof zou interstitiële silicium atomen aan zich kunnen binden waardoor deze immobiel worden en niet kunnen bijdragen aan de secundaire defectvorming.
In Hoofdstuk 9 wordt polykristallijn silicium, gedeponeerd met behulp van de RTMP reactor, bestudeerd met röntgendiffractie. Er treden opmerkelijke verschillen op vergeleken met lagen die gegroeid zijn met Low-Pressure CVD (LPCVD). De textuur en de groottes van de kristallieten blijken af te hangen van de depositietemperatuur. Dit heeft invloed op bijvoorbeeld de elektrische eigenschappen en de oppervlakte structuur van de lagen en is dus van belang voor de toepassingen.

* * *

CONTROL SYSTEM DESIGN FOR WALKING NEUROPROSTHESES

H.M. Franken
3 juni 1994
Promotoren: prof. dr. H.B.K. Boom en prof. dr. G. Zilvold

Een komplete dwarslaesie in het thorkale gebied van het ruggemerg in mensen resulteert in totale verlamming van de onderste extremiteiten. Funktionele elektrostimulatie (FES) is een neuroprothetische techniek die gebruikt kan worden om de onderbroken paden tussen het centrale zenuwstelsel en de onderste extremiteiten eenzijdig te ondervangen. Het perifere neuromuskulaire systeem wordt elektrisch gestimuleerd, waardoor kontrakties worden opgewekt in de verlamde spieren. Met deze techniek kan dus een deelfunctie van het centrale zenuwstelsel worden overgenomen. Noodzakelijk zijn technologie voor aktuatoren (voor selektieve spieraktivatie) en sensoren (voor terugkoppeling) en een besturingssysteem. Dit proefschrift gaat in op ontwerpaspekten van een besturingssysteem voor het lopen in dwarslaesiepatiënten ondersteund door FES.
Hoofdstuk 1 vat de reeds gepubliceerde regelstrategieën voor neuroprothetische loopsystemen samen. Het onderzoek dat in de volgende hoofdstukken wordt gepresenteerd, wordt in het kader van deze samenvatting geplaatst. Huidige besturingssystemen voor FES systemen zijn gebaseerd op een hiërarchische dekompositie. De volgende nivos kunnen worden onderscheiden. In het bewustzijnsnivo bepaalt de dwarslaesiepatiënt de initiatie van een bepaalde motor taak (in dit geval het lopen). De aktivatie van het loopsysteem wordt dus door de dwarslaesiepatiënt bepaald. Het hoog nivo heeft twee taken. Ten eerste de kommunikatie met de patiënt (het bewustzijnsnivo). Ten tweede koördineert het hoog nivo de gewenste motor taak d.m.v. het begeleiden van een set laag nivo regelaars. Deze laag nivo regelaars realiseren de taakafhankelijke gekoördineerde spieraktics door manipulatie van de simulatieparameters. Het cyclus-tot-cyclus laag nivo regelkoncept, zoals in dit proefschrift wordt gepresenteerd (hoofdstukken 1 en 6), past de simulatiepatronen per cyclus aan op basis van afwijkingen van gewenste funktionele doelstellingen voor een stapcyclus, zoals stapgrootte, voetheffing gedurende en kniestrekking aan het einde van de voorwaartse zwaai. Het ontwerp van het cyclus-tot-cyclus koncept is gebaseerd op onderzoek naar de systeemeigenschappen van de onderste extremiteiten (hoofdstukken 4-5), die een do-

minante rol van de massatraagheid van de passieve ledematen op de beweging onthulde. Verder onderzoek, ter onderbouwing van het cyclus-tot-cyclus koncept, ging in op de spiervermoeidheid veroorzaakt door FES (hoofdstuk 2) en de mogelijkheden om het FES-regelbereik te vergroten d.m.v. pulsfrekwentie modulatie (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 1 worden tevens gepubliceerde alternatieven voor laag nivo regelaars samengevat en bediskussieerd. Hoofdstuk 1 bevat tevens de laatste experimentele resultaten die met het bovenstaande besturingssysteem zijn verkregen tijdens het lopen van dwarslaesiepatiënten.

Een belangrijk aspekt in de besturing van FES van verlamde spieren is de afname van de spierkracht t.g.v. vermoeidheid onder volhoudende kontinue of intermitterende stimulatie. Deze afname beperkt de tijd dat een funktie kan worden uitgevoerd. Om een FES-gestuurde taak, zoals het lopen, zo lang mogelijk vol te houden moet de optredende vermoeidheid worden geminimaliseerd. Dit kan worden gerealiseerd d.m.v. optimalisatie van alle parameters die daaraan bijdragen. Het regelkriterium, dat de stimulatieparameters bepaalt, zou gebaseerd moeten zijn op een kostenfunktie die de relatie tussen spier-prestatie en -vermoeidheid en ledemaat beweging en stimulatieparameters bevat. In hoofdstuk 2 werd de invloed van kniehoeksnelheid en het aantal stimulatiepulsen op de door vermoeidheid veroorzaakte kniemomentafname bestudeerd d.m.v. stimulatie van verlamde menselijke quadriceps. De algehele afname van het kniemoment had een typisch exponentieel verloop waarbij een asymptotische waarde werd bereikt. Verder bleek dat bij grotere kniehoeksnelheden een signifikant snellere en relatief grotere afname van het maximale en gemiddelde kniemoment optrad. Tevens bleek dat, tijdens koncentrische kontrakties, het kniemoment relatief sneller afnam bij een groter aantal pulsen in een stimulatiecyclus.

Een groot aantal studies is gepubliceerd over het vergroten van de spierkracht en het uitstellen van de spiervermoeidheid d.m.v. de optimalisatie van stimulatiepatronen. Deze studies werden verricht in dieren of gezonde mensen. Een doublet of triplet, dit zijn twee resp. drie stimulatiepulsen met een kleine tijd tussen de pulsen, gevolgd door een pulstrein met konstante stimulatiefrekwentie, verbeterde de prestatie per stimulatiepuls tot 59 %, terwijl gebruik werd gemaakt van een zelfde aantal pulsen. Dus, gebaseerd op de bovengenoemde studies, lijkt het vergroten van de spierprestatie en het uitstellen van spiervermoeidheid een attraktieve mogelijkheid voor verbetering van een FES-loopsysteem. In hoofdstuk 3 is de invloed van verschillende stimulatiepatronen, waarvan gerapporteerd is dat ze spierprestatie verbeteren, op de spier-kracht en -vermoeidheid van intermitterend gestimuleerde verlamde menselijke quadriceps bestudeerd. Onze resultaten toonden dat de vorm van de gemeten kniemomentprofielen signifikant verschilde tussen de stimulatiepatronen, waaruit bleek dat stimulatiefrekwentiemodulatie gebruikt zou kunnen worden om de spierkracht te manipuleren voor een specifieke taak. Echter, in tegenstelling tot de reeds gepubliceerde resultaten, bleek het gemiddelde kniemoment voor de verschillende stimulatiepatronen met een zelfde aantal pulsen niet signifikant te verschillen. Deze resultaten bleken tevens niet te worden beïnvloed door veranderde vermoeidheidsomstandigheden. Tevens bleek het vermoeidheidsverloop in de tijd niet verschillend te zijn voor de verschillende stimulatiepatronen.

Om tot een karakterisatie te komen van de dynamika van elektrisch gestimuleerde verlamde menselijke ledematen, hebben we het quadriceps-onderbeen bestudeerd. Dit systeem omvat alle typische karakteristieken die beschouwd moeten worden bij de besturing van elektrisch gestimuleerde verlamde menselijke ledematen, zoals niet-lineaire passieve karakteristieken van de ledemaat (passieve systeem), niet-lineaire spierdynamika (aktieve systeem) en signifikante tijdvariatie t.g.v. spier-potentiatie en -vermoeidheid (hoofdstuk 1-3). In hoofdstuk 4 presenteren we een methode om de modelparameters van het passieve systeem te identificeren en om tot een afschatting van het aktieve kniemoment t.g.v. quadricepsstimulatie te komen. In hoofdstuk 5 hebben we drie modellen voor het aktieve systeem bestudeerd en onderling vergeleken op basis van het voorspellingsvermogen van het gekombineerde model voor het passieve en aktieve systeem. De systeemkarakteristieken vertoonden relatief trage aktuatordynamika met een signifikante tijdsvertraging en een relatief klein moment (aktieve systeem) gekombineerd met een dominante massatraagheid (passieve systeem). Tweede orde dynamische modellering met tijdsvertraging van het aktieve systeem verbeterde het voorspellingsvermogen niet in vergelijking met het meest simpele model, nl. een versterkingsfaktor met tijdsvertraging. Het expliciet toevoegen van niet-lineaire reeds algemeen geaccepteerde spierdynamika-eigenschappen verbeterde de voorspelling alleen voor langere tijdsintervallen. Het gevondene wordt gereflekteerd in het eigenlijke lopen, waarin ook de beweging voornamelijk wordt bepaald door het passieve systeem. Om verstoringen die tijdens de cyclus optreden te kunnen verwerken wordt een modelgebaseerde voorspellende regelstrategie in kombinatie met de cyclus-tot-cyclus regelaar (zie hoofdstukken 1 en 6) besproken.

In hoofdstuk 6 is de besturing van de zwaaifase van het lopen van dwarslaesiepatiënten d.m.v. oppervlakte elektrostimulatie van de heupflexoren, quadriceps en hamstrings onderzocht. Twee te onderscheiden problemen werden opgesteld om op te lossen t.b.v. het herstel van een funktionele beweging. Ten eerste, parameters voor de cyklische stimulatiepatronen moeten worden gekozen en geoptimaliseerd voor elke individuele patiënt en situatie. Ten tweede, deze parameters, zodra gekozen, zullen kontinu moeten worden aangepast om de invloed van externe verstoringen en systeemprestatievermindering t.g.v. vermoeidheid te ondervangen (hoofdstukken 1-3). Het cyclus-tot-cyclus regelkoncept, gepresenteerd in hoofdstuk 6, past de stimulatiepatronen per cyclus aan op basis van afwijkingen van gewenste funktionele doelstellingen voor een stapcyclus, zoals stapgrootte, voetheffing gedurende en kniestrekking aan het einde van de voorwaartse zwaai. Het ontwerp van het cyclus-tot-cyclus koncept is gebaseerd op onderzoek naar de systeemeigenschappen van de onderste extremiteiten (hoofdstukken 4-5), die een dominante rol van de massatraagheid van de passieve ledematen op de beweging onthulde. Tevens, de resultaten die zijn gepresenteerd in hoofdstukken 2-3 toonden aan dat de prestatievermindering van de zwaaifase t.g.v. vermoeidheid op een cyclus-tot-cyclus basis gevolgd kan worden. De resultaten in hoofdstuk 6 toonden aan dat de regelaar inderdaad de stimulatietreinlengte kon aanpassen om de gewenste funktionele doelstellingen te blijven halen (zie hoofdstuk 1).

* * *

ALLOCATION, SCHEDULING & INTERFACING IN REAL-TIME PARALLEL CONTROL SYSTEMS

J.P.E. Sunter
23 juni 1994
Promotoren: prof. dr. ir. J. van Amerongen en prof. ir. A.W.P. Bakkers

Dit proefschrift is het resultaat van een onderzoeksproject bij het regeltechnisch laboratorium van de vakgroep BSC, faculteit Elektrotechniek, aan de Universiteit Twente. Het doel van dit project was het onderzoeken van het gebruik en het nut van transputers in real-time parallelle regelsystemen.

De afgelopen jaren hebben een toenemende vraag naar rekencapaciteit voor real-time regelsystemen laten zien. De toename in beschikbare rekencapaciteit heeft het gebruik van geavanceerde, en efficiëntere, regelalgoritmen mogelijk gemaakt, wat op zich weer een nog grotere vraag naar rekencapaciteit tot gevolg heeft. De ontwikkeling van snellere processoren loopt achter bij de vraag naar rekencapaciteit. Parallelle uitbreidbare computer systemen vormen een flexibele oplossing voor het rekencapaciteit probleem.

Het gebruik van parallelle computersystemen introduceert nieuwe problemen die aandacht moeten krijgen bij de implementatie van real-time regelsystemen. Het gebruik van parallellisme op zich is eenvoudig, het wordt zelfs al stilzwijgend gebruikt in vele Computer Aided Software Engineer (CASE) programma's. Echter, bij de implementatie van real-time parallelle regelsystemen, moeten onderwerpen zoals communicatie tussen processen en de toewijzing van processen aan processoren aandacht krijgen. Deze onderwerpen maken het implementeren van real-time regelsystemen nog ingewikkelder.

Dit proefschrift behandelt niet het ontwerp, maar de implementatie van realtime parallelle regelsystemen. Het laat niet zien hoe software processen ontworpen moeten worden, maar het laat zien hoe processen gealloceerd kunnen worden op de beschikbare processoren (in Hoofdstuk 3), hoe de executie van de processen gescheduled kan worden (in Hoofdstuk 4), en hoe de processen geinterfaced kunnen worden op de hardware (in Hoofdstuk 2). Er zijn algoritmen ontworpen om de implementatie van real-time parallelle regelsystemen te automatiseren. Deze algoritmen zijn geïmplementeerd in software gereedschappen, die de regeltechnicus kunnen helpen bij het implementeren. De programma's zijn geïntegreerd in een ontwikkelomgeving genaamd the Implementation Environment (tIE), en is beschreven in Hoofdstuk 6.

Gebruikelijk wordt bij de implementatie van real-time parallelle regelsystemen gebruik gemaakt van een real-time kernel, een netwerklaag of een operating systeem. Het feit dat embedded regelsystemen statisch van aard zijn, maakt een efficiëntere oplossing zonder hulp van operating systemen mogelijk. De software gereedschappen die naar aanleiding van dit onderzoek geschreven zijn, genereren tijdens de compilatie fase de ondersteuning, die voor een bepaalde applicatie nodig is. Deze applicatie specifieke ondersteuning is veel efficiënter dan die welke geleverd wordt door algemeen toepasbare operating systemen. In feite maken de gereedschappen het mogelijk om ad hoc oplossingen automatisch te genereren. Testen hebben aangetoond dat deze methode van aanpak leidt tot applicaties die twintig (20!) keer sneller executeren.

Hoofdstuk 7 geeft conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek.

* * *

ANALOG APPLICATIONS OF THE VIPMOS EEPROM

G. van Steenwijk
23 juni 1994
Promotor: prof. dr. H. Wallinga

Dit proefschrift behandelt de ontwikkeling van schakelingen die gebruik maken van de VIPMOS EEPROM structuur. Een EEPROM is een elektrisch wisbaar en programmeerbaar geheugen dat onder normale omstandigheden alleen gelezen kan worden. In zo'n geheugen kan langs elektrische weg informatie worden opgeslagen die op een later tijdstip gelezen kan worden. Deze opslag is niet vluchtig, wat betekent dat voor de opslag geen voedingsspanning nodig is. De informatieopslag gebeurt door de hoeveelheid lading op een geïsoleerde "gate" van een veldeffect transistor (MOS transistor) te veranderen. Tussen deze geïsoleerde gate en de andere elektrodes en het substraat bestaat een potentiaalbarrière die onder normale omstandigheden het transport van ladingdragers van en naar de geïsoleerde gate blokkeert. De hoeveelheid lading op de geïsoleerde gate kan worden veranderd door elektronen zodanig te versnellen dat ze over de barrière heen kunnen. Men spreekt in dit geval over hete elektronen. Elektronen kunnen ook door de barrière heen tunnelen als de effectieve breedte van de barrière wordt verlaagd door een sterk elektrisch veld.

De VIPMOS EEPROM structuur is een n-kanaal MOS transistor met een begraven n-gebied, de injector, onder de gate. Als de depletielagen van de injector en het kanaal elkaar raken, kunnen er elektronen van de injector naar het kanaal stromen. Deze situatie noemt men "punch through". Deze elektronen worden versneld door het elektrisch veld in de depletielaag. Een deel van deze elektronen wordt heet en kan worden geïnjecteerd in de geïsoleerde gate. Het bijzondere van dit proces is dat de hoeveelheid geïnjecteerde elektronen goed beheersbaar is; dit in tegenstelling tot andere programmeerprocessen.

Bij de fabricage van de VIPMOS wordt uitgegaan van het standaard UT-CMOS proces. Door aan het proces twee maskers en enkele hoge energie ionenimplantaties toe te voegen kan de VIPMOS worden gemaakt. Er zijn twee versies van de VIPMOS beschikbaar: de hoge-injectiecomponent en de lage-spanningcomponent. De hoge-injectiecomponent kan worden geprogrammeerd door een spanningsverschil van vijf volt aan te brengen tussen het kanaal en de injector en heeft een injectiekans van 10^{-3}. Deze component kan dus worden gebruikt bij een standaard voedingsspanning van vijf volt. De lage-spanningcomponent kan al worden geprogrammeerd bij een spanning van drie volt. Dit maakt het mogelijk om een voedingsspanning van drie volt te gebruiken of, bij een voedingsspanning van vijf volt, de injector aan te sturen met een stroombron om zo de programmeerstroom goed te controleren. De injectiekans van deze component is ongeveer 10^{-4}.

Het wissen van de VIPMOS gebeurt door tunneling van de elektronen van de geïsoleerde gate naar een aparte wisgate. De tunnelstroom veroorzaakt slijtage van de diëlektrische laag die tussen deze gates zit. Voor deze laag werd in het standaard proces thermisch oxyde gebruikt. Deze laag voldeed niet vanwege een te hoge slijtage. Als alternatief wordt er nu gebruik gemaakt van een combinatie van een gedeponeerde oxyde laag en een nitride laag. Dit diëlectricum voldoet wat betreft slijtageëigenschappen, maar de spanning die nodig is om een tunnelstroom te veroorzaken is nog te hoog. Er is verder onderzoek naar deze lagen nodig.

Er is een rekenkundig model van de VIPMOS structuur ontwikkeld waarmee schakelingen die een VIPMOS bevatten gesimuleerd kunnen worden. Dit model is opgebouwd als een subcircuit dat bestaat uit standaardcomponenten, zoals een MOS transistor en capaciteiten, en gestuurde bronnen.

Omdat het programmeren van de VIPMOS goed controleerbaar is, is het mogelijk om deze component te gebruiken als analoog geheugen. Het voordeel van een analoog geheugen is dat er in één geheugencel net zo veel informatie kan worden opgeslagen als in een aantal digitale cellen. De hoeveelheid equivalente digitale cellen is afhankelijk van de nauwkeurigheid van het programmeerproces. De belangrijkste toepassingsgebieden van analoge geheugens zijn analoge schakelingen waar analoge waardes opgeslagen moeten worden. Er zijn in dit geval geen analoog-digitaal of digitaal-analoog omzetters nodig. Schakelingen die hieraan voldoen zijn de analoge, kunstmatige neurale netwerken. Deze schakelingen kunnen worden gebruikt voor functies die moeilijk algoritmisch te beschrijven zijn zoals patroonherkenning. Deelschakelingen van analoge neurale netwerken zijn synapsen. Deze kunnen worden geïmplementeerd als spanning-stroom omzetters, met een programmeerbare transconductie. De waarde van de transconductie kan in een VIPMOS EEPROM opgeslagen worden. Dit geheugen kan lokaal bij de synaps worden geplaatst. Een andere toepassing voor analoge geheugens is het opslaan van een bemonsterd analoog signaal.

De schakelingen die gebruik maken van de VIPMOS zijn te verdelen in twee categorieën. De eerste categorie bevat schakelingen die één VIPMOS gebruiken, terwijl de andere categorie schakelingen bevat waarbij veel VIPMOSTen worden gebruikt in een matrix structuur.

Schakelingen uit de eerste categorie zijn een programmeerbare spanningsbron en een stroom-spanning omzetter met een programmeerbare

transconductie. De uitgangsspanning van de programmeerbare spanningsbron kan worden veranderd met een programmeerstroom. De veranderingen in de uitgangsspanning zijn afhankelijk van de programmeerstroom en lineair afhankelijk van de programmeertijd. De uitgangsspanning is continu beschikbaar tijdens het programmeren. Hierdoor is het mogelijk om de schakeling via terugkoppeling op de gewenste uitgangsspanning te brengen. De uitgangsspanning kan maar in één richting geprogrammeerd worden, terwijl voor de andere richting een complete wisslag nodig is.
De spanning-stroom omzetter is ook te programmeren d.m.v. terugkoppeling en in tegenstelling tot de spanningsbron kan hier in twee richtingen worden geprogrammeerd. De programmeersnelheid wordt bepaald door het produkt van de ingangsspanning en een externe foutspanning. Als deze foutspanning naar nul gaat, zal er dus niet meer geprogrammeerd worden. Tijdens het programmeren blijft de schakeling normaal als spanning-stroom omzetter functioneren en tijdens wissen is er een duidelijke overspraak van de wissignalen naar de uitgangsstroom. Omdat dit een ongewenst effect in de schakeling kan zijn, kan het wissen worden geblokkeerd door een extern signaal. De spanning-stroom omzetter is ontworpen om te worden gebruikt als synaps circuit van een zelflerend analoog kunstmatig neuraal netwerk. Verder onderzoek moet uitwijzen hoe dit circuit zich gedraagt in zo'n netwerk. Het oppervlak van de complete schakeling is 0.02 mm^2.
Zowel de programmeerbare spanningsbron als de spanning-stroom omzetter zijn gerealiseerd in het uitgebreide UT-CMOS proces. Beide schakelingen bleken goed te functioneren.
Om de werking van de VIPMOS in een matrix structuur aan te tonen zijn er twee schakelingen ontworpen. De eerste is een 16K digitaal geheugen en de tweede een geheugen waarin 16K analoge monsters opgeslagen kunnen worden. Helaas bleken beide schakelingen na realisatie niet goed te functioneren. In de digitale 16K bleek de helft van de cellen defect. Hiervoor is nog geen verklaring gevonden. In de analoge 16K is een ontwerpfout gemaakt, waardoor er geen metingen aan het circuit verricht konden worden. Het programmeer- en leesprincipe van de schakeling is aangetoond met metingen aan losse geheugen cellen.
Om de VIPMOS te kunnen wissen zijn hoge spanningen, tot ongeveer vijftien volt, nodig. Deze spanningen zijn hoger dan de gebruikelijke voedingsspanningen van vijf of drie volt. Met een ladingspomp schakeling is het mogelijk om de voedingsspanning omhoog te brengen tot de wisspanning. Een ladingspomp bestaat uit een serie capaciteiten die verbonden zijn door diodes. De capaciteiten worden aangestuurd door een twee fasen klok. De diodes worden vaak geïmplementeerd door MOS transistoren waarvan de drain en de gate verbonden zijn. Het nadeel hiervan is dat er minstens een drempelspanning nodig is om stroom te laten lopen. Vooral bij een drie volts voedingsspanning is dit erg nadelig voor de werking van de ladingspomp. De ladingspomp die nu ontwikkeld is, maakt gebruik van MOS transistoren die geschakeld worden om de capaciteiten te verbinden. Hierdoor is er weliswaar een vier fasen klok nodig, maar het spanningsverlies in de schakelaar is verwaarloosbaar. Deze transistoren liggen in een aparte "well" waarvan de spanning zodanig wordt ingesteld dat de schakelaars geen last hebben van het zogenaamde "body effect". Er is een analytische uitdrukking afgeleid voor de invloed van de aan-weerstand van de schakelaars op de totale uitgangsweerstand van de ladingspomp. De schakeling die aan de hand hiervan ontwikkeld is, heeft een rendement dat dicht bij het theoretisch maximale rendement van een ladingspomp ligt en deze schakeling werkt tot voedingsspanningen van drie volt.

* * *

ADVANCED CCD IMAGING BY OPPOSITE CARRIER INTERACTION

E. Roks
24 juni 1994
Promotor: prof. dr. ir. J.A. Pals

Dit proefschrift beschrijft hoe het gebruik van twee typen ladingsdragers (gaten naast de vertrouwde elektronen) resulteert in verbeteringen aan de huidige Charge Coupled Device (CCD) beeldsensoren.
De in de MOS-technologie uitgevoerde CCD's zijn in de beginjaren '70 ontwikkeld en sindsdien geminiaturiseerd. De basiswerking van het CCD berust op de opslag en het transport van ladingspakketjes, afgeleid van analoge elektrische signaalsamples. De ladingspakketjes kunnen echter ook gegenereerd worden door opvallend licht, bijvoorbeeld afkomstig van een door een optisch systeem geprojekteerd beeld, zoals dat in camera's gebeurt. De beeldsensor stamt uit 1983 en heeft de opneembuis geheel verdrongen. Het is tegenwoordig de belangrijkste applicatie van het CCD en wordt zowel in de "low-end" markt, voor bijvoorbeeld camcorders en bewakingscamera's, als in de "high-end" markt voor broadcast, HDTV, medische en wetenschappelijke applicaties gebruikt.
De werking van de CCD beeldsensor is als volgt te beschrijven. Als er zichtbaar licht op een beeldsensor valt (golflengte: 400nm-650nm) wordt dit geabsorbeerd door de halfgeleider waardoor er gat-elektron paren worden gegenereerd. Het positief geladen gat wordt meestal afgevoerd via de p-type kanaalscheiding naar het p contact. Het negatieve elektron wordt geleid naar het n-type CCD kanaal of naar het substraat. Het aantal vrije ladingsdragers dat wordt gegenereerd is evenredig met de hoeveelheid licht (een zekere fraktie fotonen maakt gat-elektron paren vrij). Daarom is de hoeveelheid vrije lading een maat voor het geprojecteerde beeld.
Er zijn verschillende typen beeldsensoren. Dit proefschrift is gericht op één ervan: De Frame Transfer (FT) imager.
De FT imager is opgebouwd uit een lichtgevoelig opneemdeel ("image"), een voor licht afgeschermd geheugendeel ("storage"), een serieel uitleesregister en een uitgangsversterker. Nadat vrije lading analoog aan het geprojecteerde beeld is gegenereerd in de verschillende lichtgevoelige beeldelementen ("pixels"), die tevens fungeren als CCD element, wordt het in lading uitgedrukte beeld zeer snel naar het geheugendeel getransporteerd. Dit wordt bereikt door de image en storage gates te laten klokken ("frame shift"). Vanuit de storage sectie wordt het beeld lijn voor lijn overgeheveld naar het horizontaal register, waarna de lijn snel serieel wordt uitgelezen naar de uitgang. De detektor met de daaraan gekoppelde uitgangsversterker vertaalt ieder ladingspakketje naar het spanningsdomein, zodat verdere signaalprocessing mogelijk is en het videosignaal gestalte krijgt. Als het uitgangsregister leeg is, wordt een nieuwe lijn vanuit het storage overgeheveld en uitgelezen. Dit gaat door tot het storage leeg is. Tijdens het uitlezen van het storage wordt in het image een nieuw plaatje gevormd. De frequentie van dit proces wordt meestal opgelegd door de TV standaard.
Verbeteringen aan moderne beeldsensoren zijn te vinden in:
- De gevoeligheid (Quantum Efficiency)
- Donkerstroom en Fixed-Pattern Ruis (FPN)
- Signaal-Ruis Verhouding (dynamiek)
- Highlight handling (Smear, black smear en blooming)

In dit proefschrift wordt ingegaan op een aantal verbeteringen van de bovenstaande vier punten, door het toepassen van gaten naast de vertrouwde elektronen, dus tegengestelde ladingsdragers. In een traditionele beeldopnemer worden de gaten afgevoerd via de p-type kanaalscheiding. Ze kunnen echter van toegevoegde waarde zijn voor de performance.
Na een eenvoudige verhandeling over transport en opslag van ladingsdragers

in een CCD worden in hoofdstuk 1 algemene imaging aspecten behandeld. Hoofdstuk 2 beschrijft alternatieve uitgangsstrukturen waarbij gaten worden toegepast om een zeer ruisarme detektie te verkrijgen en op deze manier de dynamiek te verhogen.

De gaten worden hier gebruikt om de informatie van de signaalelektronen over te nemen. Een uitgangsstruktuur die werkt volgens dit principe is de "floating-surface detector". De detektie node in deze detektor bestaat uit een MOS transistor die het CCD kanaal kruist. Dit concept resulteert in een lage detektie capaciteit en daarom in een lage ruis.

Na een theoretische verhandeling over de performance, worden een aantal uitvoeringsvormen gepresenteerd: een n-type floating-surface detektor geschikt voor gaten-sensor toepassingen met meer dan 150.000 gaten per pakket en de "floating-base detector", een bipolaire uitvoeringsvorm met een zeer lage ruis van minder dan 2 elektronen binnen 5 Mhz.

In hoofdstuk 3 wordt gedemonstreerd dat de gegenereerde gaten ook direkt voor beeldvorming gebruikt kunnen worden. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een nieuw type sensor (de "twin-channel" sensor) die behalve elektronen ook gaten gebruikt. Behalve een dubbel aantal ladingsdragers, heeft de sensor tot voordeel dat: (1) het complete image-gedeelte lichtgevoelig is vanwege het ontbreken van de lichtongevoelige p+ kanaalscheiding; (2) aliasing onderdrukt wordt vanwege de halve pixelshift tussen elektronen en gaten pixel; (3) de sensor uitermate geschikt is voor het maken van een progressieve scan imager. Verder heeft de sensor de basis opties die traditionele n-type sensoren ook hebben. Dit vanwege een nieuw soort anti-blooming, "cross anti-blooming" (CAB) genaamd. De feasibility wordt gedemonstreerd aan de hand van drie kleine testsensoren (20 lijnen, 80 pixels per lijn).

Hoofdstuk 4 beschrijft een manier waarbij gaten gebruikt worden voor het vullen van de oppervlakte toestanden zodat deze het elektronenpakket niet meer kunnen beïnvloeden. Deze techniek wordt "All-Gates Pinning" (AGP) genoemd en zorgt voor uitschakeling van de belangrijkste donkerstroombron in de sensor. De gaten worden in deze configuratie gebruikt voor afscherming van het elektronenpakket. Het ontwerp en optimalisatieproces van een 1/3" S-VHS sensor met AGP wordt beschreven alsmede metingen aan deze sensor. Het resultaat is een donkerstroomverlaging van een faktor 30 en een FPN reduktie met een faktor 6. Ten aanzien van de overige ontwerpparameters, zoals ladingsopslagcapaciteit, verticale antiblooming etc., wordt niets ingeleverd t.o.v. de conventionele sensor.

De eerste resultaten van de introduktie van AGP in een 1" HDTV sensor zijn gemeld. De resultaten komen goed overeen met die van de S-VHS sensor.

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden:

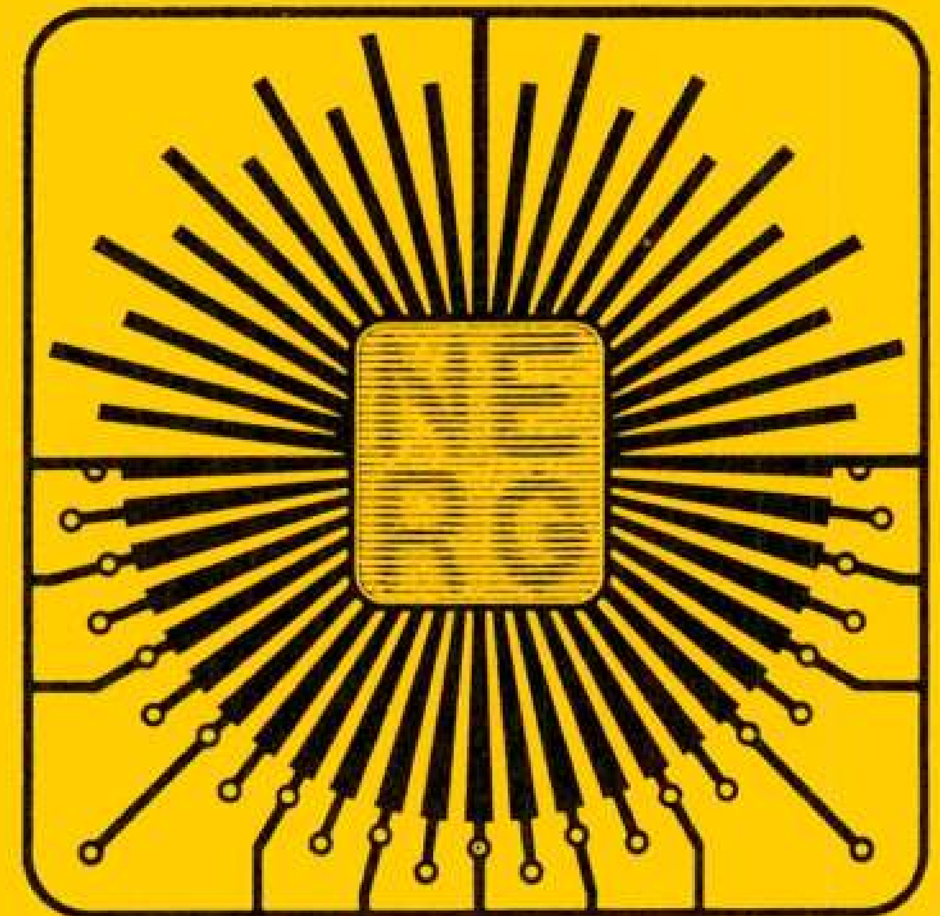
ir. T.P. Borst	Bemuurde weerd O.Z. 65	3514 AT Utrecht
ir. W.M.C. Dolmans	Zuiderkruislaan 51	5694 LT Son en Breugel
ir. M.J. van Veen	Prins Hendriklaan 11	3761 DS Soest
S.H. Ypma	M. de Ruyterstraat 76	5684 BM Eindhoven

Nieuwe leden:

prof.dr.ir. J. van Amerongen	Bolhaarslaan 74	7522 CZ Enschede
ir. P.H.C. Bol	Granaathorst 357	2592 SZ Den Haag
ir. P.J.T. Bruinsma	Kromwijkerkade 33	3442 EH Woerden

Nieuwe adressen van leden:

ir. J.P.A. Aarts	Eind 1	5561 BC Riethoven
ir. H.J.M. Bastiaansen	P.J. Noel Bakerstraat 90	9728 WD Groningen
ir. E.J. Breeuwer	Piet Heinstraat 14	2316 VH Leiden
dr.ir. G.A.J. van Dooren	Foeliehof 12	2215 BP Voorhout
ir. M.O. Droog	Graan voor Visch 17604	2132 ZM Hoofddorp
ir. J.H. Dijk	Pierson ware 6	8014 PZ Zwolle
ir. R. Eschauzier	Baarsveen 465	3205 BH Spijkenisse
ir. P.J. Haubrich	Forstsrasse 45	D 73630 Remshalden-Geradstetten Germany
ir. C.M. Huizer	Begijnstraat 12	5503 XW Veldhoven
dr.ir. J.P.G.M. Linnartz	p/a T.U. Delft Fak. Elektr. Vakgroep TVS Postbus 5031	2600 GA Delft
ir. J. Mandema	Simon Smitweg 1 kmr 816	2353 GA Leiderdorp
ir. H. Mulder	15 Atlantic Way	Sea Bright 07760 NJ U.S.A.
drs. W. Pelt	(Afd. WCS) Postbus 20702	2500 ES Den Haag
ir. A.C. Reppel	Oranjetiphof 20	3124 BN Schiedam
ir. J.A. Stemerdink	Prinz-Regentstrasse 79 b	44795 Bochem Germany
ing. B. Stout	van Beethovenlaan 97	2901 EM Capelle a/d IJssel



Cursus-aankondigingen

PATO

- Regressie analyse
  5, 12, 19 en 26 januari 1995 in Eindhoven

- Model predictive control
  drie dagen in februari/maart 1995 in Delft

- Betrouwbaarheidsanalyse
  15, 16, 23 en 24 maart 1995 in Arnhem

- Multivariate gegevensverwerking met biplots
  17, 24 en 31 maart 1995 in Eindhoven

- Gebruikersinterfaces voor visuele toepassingen
  5, 6 en 7 april 1995 in Amsterdam

- Digitale video
  24, 25, 26 april en 1, 2 mei 1995 in Delft

- Radarontwerptechniek
  27, 28 april en 11, 12 mei 1995 in Delft

- Satellietcommunicatie
  15, 16, 22, 23, 29 en 30 juni 1995 in Eindhoven

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

deel 59-nr.5-1994

Inhoud

Druk en DTP: Drukkerij Van Ek, Driebergen